制浆造纸手册

第三分册·碱法制浆

轻工业出版社

责任编辑：张松培
封面设计：赵小云

ISBN 7-5019-0216-X/TS·0139
定　价：6.30元

制浆造纸手册

（第三分册·碱法制浆）

《制浆造纸手册》编写组　编

轻工业出版社

内 容 提 要

《制浆造纸手册》是一部根据我国造纸工业生产经验编写的，以造纸工艺为主的工具书。整个手册共分十三个分册。本书是第三分册，内容包括木材原料和非木材原料的蒸煮条件、影响碱法蒸煮的因素、设备的性能与选型以及有关的工艺计算，并编入了许多新的工艺和制浆方法，如连续蒸煮、蒽醌-烧碱法制浆等。

本书可供从事造纸工业技术人员、管理人员、造纸专业院校师生参考。

制浆造纸手册

（第三分册·碱法制浆）

《制浆造纸手册》编写组 编

轻工业出版社出版

（北京广安门南滨河路25号）

一二〇二工厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米1/32 印张：13 20/32 插页：4 字数：341千字

1988年8月 第一版第一次印刷

印数：1—9,000 定价：6.30元

ISBN7-5019-0216-X/TS·0139

第三分册编写说明

本分册由张志诚、陈浩辉、曾启璞、姚世迦编写，张志诚主编。在编写过程中山东省造纸印刷公司、上海造纸公司等单位提供了详细的资料。初稿由中国造纸学会李树植、曹光锐审阅定稿。

KAG22/05

前　言

新中国成立以来，造纸工业有了比较迅速的发展，在生产、建设、科研、设计和设备制造等方面都已奠定了一定的基础，造纸工业已初步形成了一个比较完整的体系，并积累了一定的经验。为了适应造纸工业今后发展的需要，必须认真总结和介绍国内外的生产经验，提高我国造纸工业的技术水平，为造纸工业的现代化做出贡献。为此我们编写《制浆造纸手册》，以满足国内广大造纸工作者工作和学习的需要。

《制浆造纸手册》是一部根据我国造纸工业生产经验编写的，以造纸工艺为主的工具书。主要内容包括工艺流程、工艺技术条件、工艺计算、工艺操作要点和主要产品质量标准以及设备规格、型号、性能等，对国外造纸工艺技术也作了简要的介绍，由于工具书的性质，其内容尽可能用图和表格表示，必要的文字叙述则力求简明扼要。

《制浆造纸手册》分为13个分册，将陆续出版。第一分册：第一章造纸化工原料、第二章造纸纤维原料；第二分册：第三章备料；第三分册：第四章碱法制浆；第四分册：第五章黑液回收；第五分册：第六章亚硫酸盐制浆及红液处理；第六分册：第七章机械法制浆；第七分册：第八章纸浆的洗涤与筛选、第九章纸浆漂白；第八分册：第十章纸料的准备；第九分册：第十一章纸张的抄造；第十分册：第十二章纸板的抄造；第十一分册：第十三章加工纸；第十二分册：第十四章供水与供汽；第十三分册：第十五章仪表与自动化。

《制浆造纸手册》是由中国造纸学会和轻工业部造纸局联合组织编写的，参加编写的约有六十多位造纸工业的工程技术人员，并请有关专家、学者审阅，虽然如此，由于初次编写，经验不足，

资料收集不全，加上水平有限，有些数据不准确或错误，请广大读者指出，再版时予以修订。

编写过程中承各地造纸学会、有关行政领导单位、造纸企业、设计院、研究所和有关院校以及单位的大力支持，使编审工作得以顺利完成，在此一并致谢。

《制浆造纸手册》编写组

目　录

第四章　碱法制浆

第一节　概述 ……（1）
一、碱法制浆的分类及其优缺点 ……（1）
二、碱法制浆生产流程 ……（5）
三、碱法蒸煮常用名词解释 ……（5）
第二节　碱法蒸煮液 ……（11）
一、烧碱法蒸煮液及硫酸盐法蒸煮液的浓度 ……（11）
二、硫酸盐法蒸煮液的组成 ……（17）
三、硫酸盐法蒸煮送液量 ……（19）
四、硫化钠的水解 ……（22）
第三节　碱法蒸煮的主要化学反应和脱木素的途径 ……（24）
一、蒸煮过程中木素和碳水化合物变化的概况 ……（24）
二、碱法蒸煮中脱木素的主要化学反应 ……（25）
三、碱法蒸煮中碳水化合物的降解 ……（31）
四、碱法蒸煮脱木素的反应历程 ……（33）
五、碱液的浸透和脱木素途径 ……（38）
第四节　针叶木硫酸盐法制浆 ……（41）
一、蒸煮对木材的质量和规格要求 ……（42）
二、产品特征及用途 ……（42）
三、针叶木浆生产流程实例 ……（47）
四、影响蒸煮的因素 ……（48）
五、针叶木硫酸盐蒸煮各种浆的实例 ……（101）
第五节　阔叶木及锯屑废材等制浆 ……（111）
一、阔叶木制浆 ……（111）

（一）概述 …… （111）
（二）杨木制浆 …… （115）
（三）桦木制浆 …… （120）
（四）桉木制浆 …… （123）
（五）混合阔叶木制浆 …… （130）
（六）硫酸盐法针、阔叶木混合蒸煮 …… （130）
（七）蒽醌添加量对阔叶木碱法制浆的影响 …… （135）
二、锯屑制浆 …… （136）
（一）锯屑浆的特性与用途 …… （136）
（二）锯屑制浆的方法和设备 …… （138）
（三）国外锯屑制浆 …… （138）
（四）国内锯屑制浆 …… （140）
第六节　芦苇、荻、芒秆制浆 …… （141）
一、概述 …… （141）
二、蒸煮对原料质量的要求 …… （141）
三、浆料的特征和用途 …… （143）
四、不同制浆方法的比较 …… （145）
五、影响蒸煮的因素 …… （148）
六、碱法苇、荻、芒秆浆的蒸煮技术 …… （167）
七、添加蒽醌对蒸煮的影响 …… （168）
八、蒸煮实例 …… （170）
第七节　稻麦草制浆 …… （176）
一、概述 …… （176）
二、蒸煮对原料质量的要求 …… （176）
三、工艺流程 …… （178）
四、稻麦草碱法化学浆造纸性能 …… （179）
五、不同制浆方法的比较 …… （179）
六、影响蒸煮的因素 …… （182）
七、添加蒽醌对蒸煮的影响 …… （203）

八、蒸煮实例 …… (204)
第八节 甘蔗渣制浆 …… (211)
一、概述 …… (211)
二、制浆对原料质量的要求 …… (212)
三、不同制浆方法的比较 …… (216)
四、蔗渣浆的特性与用途 …… (221)
五、影响蒸煮的因素 …… (223)
六、蒸煮实例 …… (233)
第九节 竹材制浆 …… (242)
一、概述 …… (242)
二、主要竹种硫酸盐法浆的基本特征 …… (243)
三、竹材的特征及蒸煮对竹材的要求 …… (247)
四、硫酸盐竹浆的特点和用途 …… (248)
五、影响蒸煮的因素 …… (249)
六、蒸煮实例 …… (262)
附：竹笋壳制浆 …… (269)
第十节 其它非木材纤维原料制浆 …… (271)
一、麻、桑皮、棉及破布制浆 …… (271)
（一）原料质量要求和分类标准 …… (272)
（二）蒸煮的目的和方法 …… (276)
（三）浆料的特征和用途 …… (276)
（四）制浆生产流程 …… (278)
（五）影响蒸煮的因素 …… (279)
（六）蒸煮实例 …… (284)
二、龙须草制浆 …… (292)
（一）概述 …… (292)
（二）蒸煮对原料质量的要求 …… (292)
（三）浆料的特征和用途 …… (292)
（四）制浆工艺流程 …… (293)

（五）不同蒸煮方法的比较 …… (293)
（六）影响蒸煮的因素 …… (294)
（七）蒸煮实例 …… (297)
三、棉秆制浆 …… (301)
（一）概述 …… (301)
（二）蒸煮对原料质量的要求 …… (302)
（三）浆料的特征和用途 …… (302)
（四）蒸煮实例 …… (302)
（五）添加蒽醌代替Na_2S蒸煮 …… (302)
四、高粱秆制浆 …… (305)
（一）蒸煮对原料质量的要求 …… (305)
（二）影响蒸煮的因素 …… (305)
（三）蒸煮实例 …… (306)
五、芦竹制浆 …… (308)
（一）概述 …… (308)
（二）芦竹浆的特性及用途 …… (309)
（三）不同制浆方法的比较 …… (309)
六、田菁制浆 …… (312)
（一）概述 …… (312)
（二）蒸煮对原料的质量要求 …… (312)
（三）浆料的特征和用途 …… (313)
（四）影响蒸煮的因素 …… (313)
（五）蒸煮实例 …… (315)
七、小叶樟制浆 …… (318)
（一）概述 …… (318)
（二）小叶樟硫酸盐法制浆试验 …… (318)
第十一节　碱法制浆设备 …… (319)
一、蒸煮器 …… (319)
（一）碱法蒸煮锅 …… (319)

（二）蒸球 …… (326)
（三）间歇蒸煮器的选型 …… (327)
二、药液循环加热装置 …… (328)
（一）药液循环系统 …… (328)
（二）加热器 …… (328)
（三）药液循环泵 …… (335)
（四）国外碱法蒸煮锅的药液循环系统 …… (336)
三、锅盖、装锅器和锅外预浸渍装置 …… (340)
（一）自动锅盖 …… (340)
（二）装锅器 …… (343)
（三）黑液分离器 …… (345)
（四）球外碱液预浸渍装置 …… (345)
四、喷放阀与喷放锅（仓） …… (347)
（一）碱法蒸煮锅的喷放阀 …… (347)
（二）蒸球喷放阀 …… (348)
（三）喷放锅和喷放仓 …… (350)
五、热回收装置 …… (359)
（一）热回收系统 …… (359)
（二）旋浆分离器 …… (359)
（三）喷射式冷凝器 …… (361)
（四）污热水过滤器 …… (362)
（五）换热器 …… (363)
（六）污热水槽 …… (363)
（七）污热水槽与蒸煮锅的配套 …… (365)
第十二节　连续蒸煮 …… (365)
一、概述 …… (365)
二、国内连续蒸煮技术 …… (366)
（一）ZJL1型横管式连续蒸煮器 …… (366)
（二）60t/d横管式连续蒸煮器 …… (370)

（三）10t/d立管式连续蒸煮器 …… (375)
三、国外连续蒸煮技术 …… (379)
（一）卡米尔Kamyr连续蒸煮器 …… (379)
（二）横管式连续蒸煮器 …… (390)
（三）斜管式连续蒸煮器 …… (393)
第十三节　工艺计算 …… (397)
一、蒸煮液用量计算 …… (397)
二、碱法蒸煮物料衡算 …… (398)
三、蒸汽装锅器用汽量的计算 …… (411)
四、热回收 …… (412)
（一）放锅热回收 …… (412)
（二）大、小放汽热回收 …… (415)
五、技术经济指标的计算 …… (417)

第四章　碱法制浆

第一节　概　　述

碱法制浆就是用碱性化学药剂的水溶液处理植物纤维原料，将原料中的木素溶出，使原料中的纤维彼此分离成浆。

由于所采用的化学蒸煮剂不同，碱法制浆有不同名称或方法。常用的有①石灰法；②烧碱法，也称苏打法（由于在回收过程中以 Na_2CO_3 补充所损失的药剂而得名），实际蒸煮药剂为 NaOH；③硫酸盐法，以芒硝（Na_2SO_4）作为补充药剂，实际蒸煮药剂为NaOH和Na_2S。这三种方法为最初采用的基本方法。近年来为提高得率、减少污染，正在研究和发展的有多硫化钠法、硫化氢-硫酸盐法、绿液法以及碱法蒸煮液中添加助剂（如蒽醌）等各种方法。本章主要介绍以NaOH和以NaOH + Na_2S为蒸煮药剂的两种制浆方法。

目前我国碱法纸浆约占化学浆产量的75%。在今后一段时间内仍将是我国制浆工业发展的主要方法之一。新建的大、中型制浆厂，绝大多数采用硫酸盐法。原有的许多小型草浆厂，大都采用烧碱法。

一、碱法制浆的分类及其优缺点

（一）碱法制浆的分类

见表4-1-1。

表4-1-1　　碱法制浆的分类

	石灰法	烧碱法	硫酸盐法
蒸煮剂有效成分	$Ca(OH)_2$	NaOH、Na_2CO_3	NaOH + Na_2S
补充碱损失的药剂		Na_2CO_3或NaOH	Na_2SO_4
适用于蒸煮的原料	废棉、破布、麻、稻草、麦草等	棉、麻、草类等非木材纤维原料，也有用于蒸煮阔叶木的，很少用于蒸煮针叶木	对各种植物纤维原料，如针叶木、阔叶木、竹及草类等都适用。还可用于质量较差的废材、枝丫材、木材加工厂下脚料、锯末及树脂含量很高的木材
浆料的性质及用途	对破布、废棉脱色、脱脂、去油污及麻类脱胶颇为有效，用于蒸煮废棉、破布较适宜，有成本低、白度高、强度大等优点。用于蒸煮稻草，只能起软化组织作用，不能除去木素，煮成的浆料较硬，只能供抄黄纸板。为提高蒸煮质量，有时加入少量Na_2CO_3或NaOH。用此法生产的漂白棉浆、破布浆常用于生产某些高级纸及特种纸	用此法制得的阔叶木浆抄出的纸具有松软、吸水性好的特点。但纸浆强度和得率较低。烧碱法棉、麻浆用于生产高级纸及特种纸。草类浆用于一般文化用纸	与亚硫酸盐法浆比较，纸浆颜色较深，较难漂白，纤维水化润胀较重，草浆尤甚。纸浆强度高，蒸煮药剂易回收，是当今化学制浆方法中广泛应用的一种 针叶木本色浆常用于纸袋纸、电容器纸、包装纸、特殊纸板及工业技术用纸 针叶木漂白浆用于制文化用纸。溶解浆制人造纤维。阔叶木浆及草类浆，大多用于生产文化用纸、纸板或与针叶木浆配抄某些工业技术用纸

（二）硫酸盐法制浆的优缺点

1. 硫酸盐法制浆的优点

（1）对纤维原料的适应性强，不仅适应于针叶木、阔叶木、废木材、木屑，还适应于许多一年生的植物。另外对木材剥皮的要求较低。

（2）能生产很多品种的纸浆，如电气绝缘纸用浆、纸袋纸用浆、强韧包装纸用浆、高强度漂白浆。通过预水解硫酸盐法还可生产高级溶解浆。

（3）纸浆强度较好。与烧碱法比较，得率较高。

（4）蒸煮和洗浆设备的材料，一般采用碳钢，而且较易解决。

（5）可以经济而有效地对制浆化学药品和热能进行回收。如果使用树脂含量较高的针叶木制浆，还能生产出象松节油和塔罗油那样有价值的副产品。使生产成本和污染负荷降低。

（6）多段漂白和二氧化氯漂白剂的出现，解决了漂白问题，可以得到高强度、高白度的纸浆。

（7）生产工艺较亚硫酸盐法简单，生产技术较易掌握。

2. 硫酸盐法制浆的缺点

（1）制浆过程中产生臭气，污染空气，对人体健康有害。

（2）不能有效地利用纤维原料的木素组分，虽然溶于黑液中的木素在碱回收炉中被燃烧而回收能量，但能量回收的效率较低。

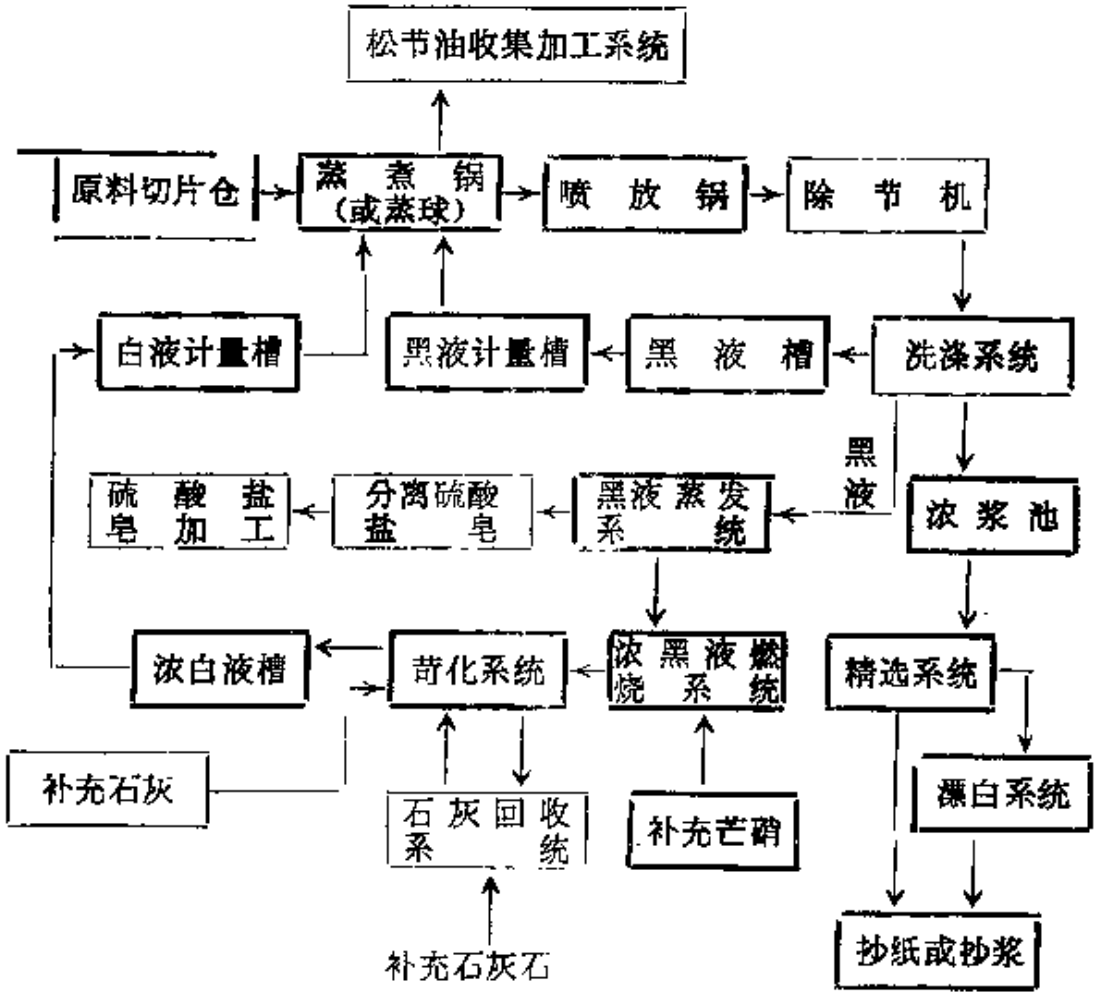
（3）与亚硫酸盐法比较，硫酸盐木浆有得率低、原料消耗高、漂白和打浆较困难、浆的成本较高等缺点（见表4-1-2）。对于多戊糖含量高的草类纤维，碱法浆料的滤水性能较差，不透明度也较低。

表4-1-2　　硫酸盐法与亚硫酸盐法制浆比较

		马尾松		荻	
制浆方法		硫酸盐	亚硫酸钙盐	硫酸盐	亚硫酸镁盐
纸浆硬度（贝克曼价）		99	80	—	—
（卡伯值）		—	—	12.8	17.1
未漂浆中所含木素	（%）	2.4	2.4	—	—
漂率（有效氯对浆）	（%）	6	4.6	5	5
实际耗氯量（有效氯对浆）	（%）	—	—	3.93～4.17	5.2
漂白浆中所含木素	（%）	—	—	0.72	0.66
漂白浆白度（蓝光法）	（%）	—	—	72.9～73.1	74.9
粗浆得率	（%）	45～47	51.3	49～53	53～55
原木单耗	（m^3/t浆）	5.02	4.41	—	—
原料单耗	（kg/t浆）	—	—	2100～2300	2001～2057
漂白氯耗	（kg/t浆）	68	48.8	41	57
单位成本	（元/吨浆）	604～643	436～479	464	410

二、碱法制浆生产流程

硫酸盐法制浆流程示例



注：细框线部分属木浆生产流程

三、碱法蒸煮常用名词解释

（一）绝干原料与风干原料

绝干原料是指不含水分的植物纤维原料。风干原料是指绝干原料为 90%，水分为 10%的植物纤维原料。

（二）蒸　煮　液

系原料蒸煮时所用的碱液。通常蒸煮液是由白液和一定量的黑液（或水）混合而成。没有碱回收的造纸厂，可以由外购的烧碱与硫化碱配制而成。烧碱法蒸煮液的主要化学成分为 NaOH，但还含有一定量的 Na_2CO_3。Na_2CO_3 系未经苛化的成分，或是NaOH吸收空气中的CO_2而成。硫酸盐法蒸煮液的主要化学成分为 $NaOH + Na_2S$，另外尚有少量的 Na_2CO_3、Na_2SO_4、Na_2SO_3、$Na_2S_2O_3$及其它一些杂质，这些杂质主要来自碱回收系统。

（三）绿　　液

指硫酸盐法蒸煮黑液经碱回收炉系统处理后，从炉中流出的熔融物，溶解于稀白液或水中所得的并准备送苛化的溶液。绿液的主要成分为$Na_2CO_3 + Na_2S$，还有一定量的 Na_2SO_4、Na_2SO_3、$Na_2S_2O_3$和NaOH。

（四）白　　液

指绿液用$Ca(OH)_2$苛化所得的溶液，是供蒸煮用的原始药液。烧碱法白液的主要成分是NaOH，硫酸盐法白液的主要成分是NaOH和Na_2S。

（五）黑　　液

指从蒸煮器回收，直到回收车间燃烧时的液体。其中所含的活性碱，叫残碱。

（六）总 药 品 量

指上述碱液（蒸煮液或绿液或白液或黑液）中所含的全部钠盐，又称总钠盐，以Na_2O（或NaOH）百分含量或克/升表示。

（七）总　碱　量

烧碱法指 $NaOH + Na_2CO_3$；硫酸盐法指 $NaOH + Na_2S + Na_2CO_3 + Na_2SO_3$，均以$Na_2O$（或NaOH）表示。

（八）总可滴定碱

烧碱法是指 $NaOH + Na_2CO_3$；硫酸盐法指 $NaOH + Na_2S + Na_2CO_3 + Na_2SO_3$，均以$Na_2O$（或NaOH）表示。

（九）活　性　碱

烧碱法指 NaOH；硫酸盐法指 $NaOH + Na_2S$。以Na_2O（或NaOH）表示。

（十）有　效　碱

烧碱法指NaOH；硫酸盐法指$NaOH + \frac{1}{2} Na_2S$，以Na_2O（或NaOH）表示。

（十一）活　性　度

指碱液中活性碱含量占总可滴定碱含量的百分比，即：

$$\frac{\text{活性碱}}{\text{总可滴定碱}} \times 100\%$$

（十二）硫　化　度

系硫酸盐法采用的术语，指碱液中Na_2S含量占活性碱$NaOH + Na_2S$含量的百分比，即：

$$\frac{Na_2S}{Na_2S + NaOH} \times 100\%$$

计算时Na_2S与NaOH均换算为Na_2O（或NaOH）。

（十三）用碱量（或用碱率）

指蒸煮时活性碱用量（重量）对绝干原料的重量百分比。活性碱一般以Na_2O表示，也可用NaOH表示，但须注明。

（十四）耗碱量（或耗碱率）

指蒸煮时实际消耗的活性碱重量对绝干原料重量的百分比。

（十五）液　　比

系指装入蒸煮器内的绝干原料重量（公斤或吨）与蒸煮总液量（包括原料中的水分以升或米^3表示）之比。

（十六）黑液残碱

指蒸煮后废液中所含的活性碱量。一般以Na_2O（或NaOH）克/升表示。

（十七）纸浆得率（或称收获率）

纤维原料经蒸煮后所得纸浆重量对蒸煮前原料重量的百分比，称为粗浆得率。粗浆经筛选后所得的细浆重量对蒸煮前原料重量的百分比，称为细浆得率，即：

$$\text{粗浆得率} = \frac{\text{蒸煮后纸浆重量}}{\text{蒸煮前原料重量}} \times 100\%$$

$$\text{细浆得率} = \frac{\text{筛选后纸浆重量}}{\text{蒸煮前原料重量}} \times 100\%$$

计算时原料和纸浆均需折算为绝干重量或风干重量。

（十八）纸浆硬度

纸浆的硬度是表示原料经蒸煮以后所得纸浆中残留木素和其

（十三）用碱量（或用碱率）

指蒸煮时活性碱用量（重量）对绝干原料的重量百分比。活性碱一般以Na_2O表示，也可用NaOH表示，但须注明。

（十四）耗碱量（或耗碱率）

指蒸煮时实际消耗的活性碱重量对绝干原料重量的百分比。

（十五）液　　比

系指装入蒸煮器内的绝干原料重量（公斤或吨）与蒸煮总液量（包括原料中的水分以升或米^3表示）之比。

（十六）黑 液 残 碱

指蒸煮后废液中所含的活性碱量。一般以Na_2O（或NaOH）克/升表示。

（十七）纸浆得率（或称收获率）

纤维原料经蒸煮后所得纸浆重量对蒸煮前原料重量的百分比，称为粗浆得率。粗浆经筛选后所得的细浆重量对蒸煮前原料重量的百分比，称为细浆得率，即：

$$\text{粗浆得率} = \frac{\text{蒸煮后纸浆重量}}{\text{蒸煮前原料重量}} \times 100\%$$

$$\text{细浆得率} = \frac{\text{筛选后纸浆重量}}{\text{蒸煮前原料重量}} \times 100\%$$

计算时原料和纸浆均需折算为绝干重量或风干重量。

（十八）纸 浆 硬 度

纸浆的硬度是表示原料经蒸煮以后所得纸浆中残留木素和其

它还原性有机物的量，它相对地表示原料在蒸煮过程中除去木素的程度，即所谓蒸解度。因此，硬度大的纸浆其蒸解度就低。测定硬度时，由于所用氧化剂的不同，测定的条件不同，故有多种硬度的表示方法，常用的方法有：

（1）利用高锰酸钾来测定的有高锰酸钾值（简称K值）、贝克曼价、卡伯值（Kappa）。

（2）利用次氯酸盐溶液来测定的有氯价、齐伯值等。

（3）利用氯来测定的有罗氏值（Roe number）。

（十九）粗渣率（或称未蒸解率）

表示蒸煮浆的均匀程度，即：

$$\text{粗渣率} = \frac{\text{粗渣重量}}{\text{粗渣重量} + \text{细浆重量}} \times 100\%$$

计算时粗渣和细浆均需折算为绝干重量或风干重量。

（二十）蒸 煮 时 间

包括升温和保温时间（升温期的小放汽也包括在内）。

（二十一）非蒸煮时间

包括装锅、送液、大放汽、放锅及检查等时间（蒸球装料后的空运转时间也包括在内）。

（二十二）蒸煮总时间

为蒸煮时间与非蒸煮时间之和。

（二十三）装锅密度（装锅量）

每米^3锅容装绝干（或风干，须注明）纤维原料重。

（二十四）蒸煮强度（或蒸煮器利用系数）

每小时每米^3锅容的产浆量（须注明以绝干或以风干计算）。

（二十五）小　放　汽

蒸煮升压到一定压力时，将锅内的空气及其它不凝结气体随蒸汽排出，以减少锅内假压。蒸煮木浆时至少小放汽一次，有时2～3次；对含松脂的木材可连续小放汽回收松节油；蒸煮草浆也可进行连续小放汽。

（二十六）药液的亚硫酸化度

系指在中性亚硫酸盐法或碱性亚硫酸盐法的药液中，Na_2SO_3与$NaOH+Na_2SO_3$之和的比值，即：

$$\text{亚硫酸化度}=\frac{Na_2SO_3}{NaOH+Na_2SO_3}$$

式中$NaOH$、Na_2SO_3均需换算为Na_2O。

（二十七）苛　化　度

系指绿液被苛化的程度，计算式为：

$$\frac{NaOH}{NaOH+Na_2CO_3}\times 100\%\quad(\text{以}Na_2O\text{表示})$$

（二十八）还　原　度

指绿液中Na_2S占Na_2SO_4、Na_2S及任何其它钠的硫化物之和的百分比，即：

$$\frac{Na_2S}{Na_2SO_4+Na_2S+\text{其它钠的硫化物}}\times 100\%\ (\text{以}Na_2O\text{表示})$$

（二十四）蒸煮强度（或蒸煮器利用系数）

每小时每米^3锅容的产浆量（须注明以绝干或以风干计算）。

（二十五）小　放　汽

蒸煮升压到一定压力时，将锅内的空气及其它不凝结气体随蒸汽排出，以减少锅内假压。蒸煮木浆时至少小放汽一次，有时2～3次；对含松脂的木材可连续小放汽回收松节油；蒸煮草浆也可进行连续小放汽。

（二十六）药液的亚硫酸化度

系指在中性亚硫酸盐法或碱性亚硫酸盐法的药液中，Na_2SO_3与$NaOH+Na_2SO_3$之和的比值，即：

$$\text{亚硫酸化度}=\frac{Na_2SO_3}{NaOH+Na_2SO_3}$$

式中$NaOH$、Na_2SO_3均需换算为Na_2O。

（二十七）苛　化　度

系指绿液被苛化的程度，计算式为：

$$\frac{NaOH}{NaOH+Na_2CO_3}\times 100\%\quad(\text{以}Na_2O\text{表示})$$

（二十八）还　原　度

指绿液中Na_2S占Na_2SO_4、Na_2S及任何其它钠的硫化物之和的百分比，即：

$$\frac{Na_2S}{Na_2SO_4+Na_2S+\text{其它钠的硫化物}}\times 100\%\ (\text{以}Na_2O\text{表示})$$

第二节　碱法蒸煮液

一、烧碱法蒸煮液及硫酸盐法蒸煮液的浓度

（一）氢氧化钠浓度与相对密度、温度的关系

见图4-2-1～图4-2-4。

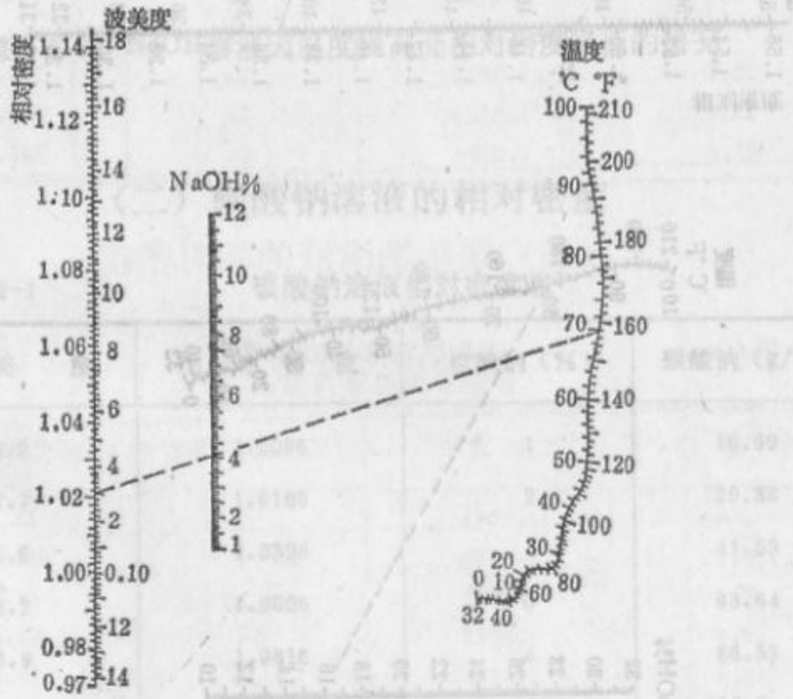


图4-2-1　1～12%NaOH溶液浓度与相对密度、温度的关系

用法：用直线将在溶液中的比重计读数及溶液温度连接起来，与NaOH%线的交点即为NaOH液浓度。

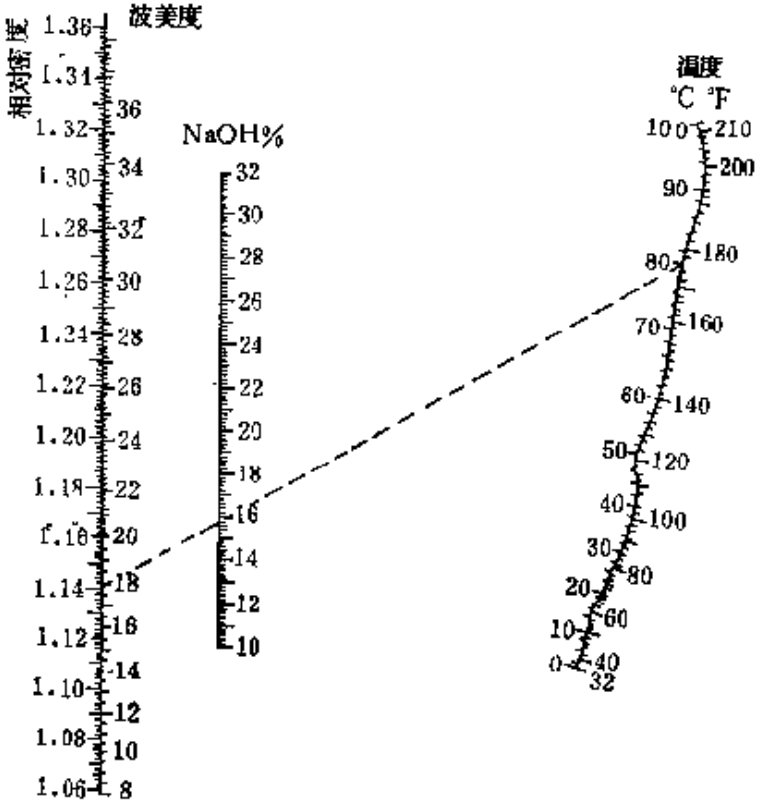


图4-2-2　10～32%NaOH溶液浓度与相对密度、温度的关系

用法同图4-2-1

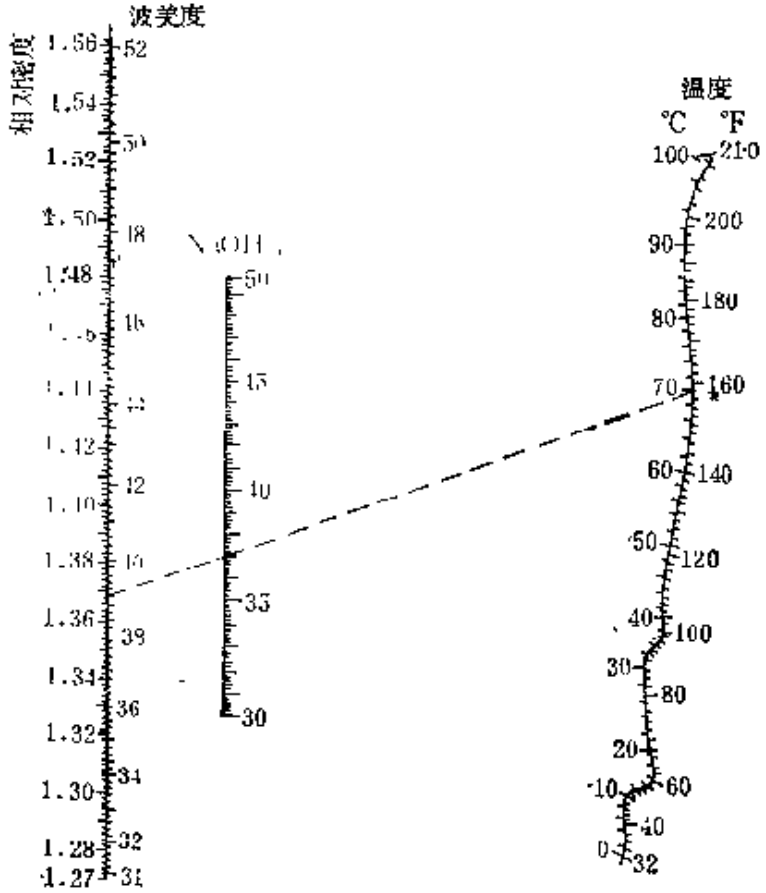


图4-2-3　35～50%NaON溶液浓度与相对密度、温度的关系

用法同图4-2-1

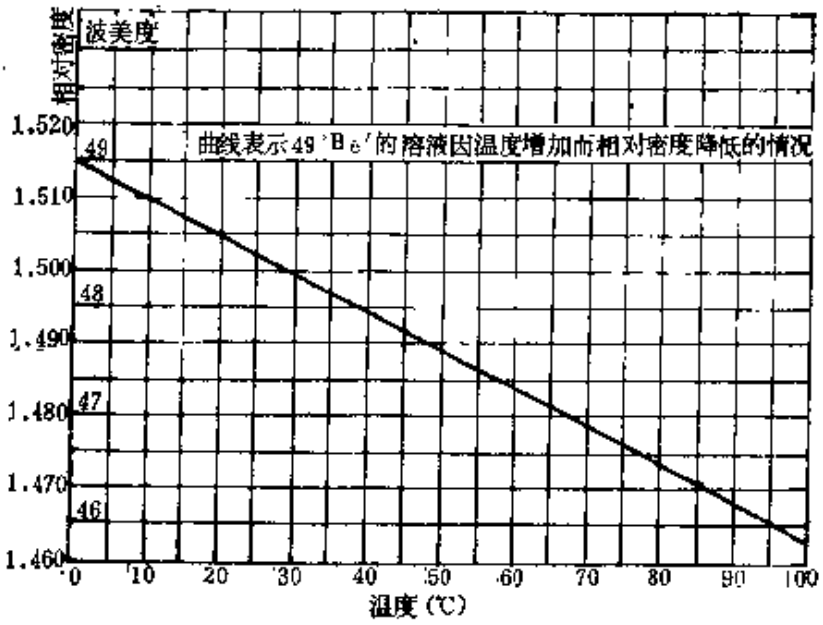


图4-2-4　NaOH溶液因温度提高而相对密度降低的情况

（二）碳酸钠溶液的相对密度

表4-2-1　　碳酸钠溶液相对密度表

波　美　度	相　对　密　度	碳酸钠（%）	碳酸钠（g/l）
1.2	1.0086	1	10.09
2.7	1.0190	2	20.38
5.6	1.0398	4	41.59
8.3	1.0606	6	63.64
10.9	1.0816	8	86.53
13.5	1.1029	10	110.3
16.0	1.1244	12	134.9
18.5	1.1463	14	160.5

（三）硫酸钠溶液的相对密度

表4-2-2　　硫酸钠溶液相对密度表

波美度	相对密度	硫酸钠（%）	硫酸钠（g/l）
1.1	1.0073	1	10.07
2.3	1.0164	2	20.33
4.9	1.0348	4	41.39
7.4	1.0535	6	63.21
9.8	1.0724	8	85.79
12.2	1.0915	10	109.2
14.5	1.1109	12	133.3
16.8	1.1306	14	158.3
19.0	1.1506	16	184.1
21.2	1.1709	18	210.8
23.3	1.1915	20	238.3
25.4	1.2124	22	266.7
27.5	1.2336	24	296.1

（四）硫化钠溶液的相对密度

表4-2-3　　硫化钠溶液相对密度表　　$\left(\text{在}\frac{18}{4℃}\right)$

波美度	相对密度	硫化钠（%）	硫化钠（g/l）
1.4	1.0093	1	10.10
3.0	1.0211	2	20.42
6.1	1.0440	4	41.76
9.1	1.0672	6	64.03
12.1	1.0907	8	87.26
14.9	1.1146	10	111.5
17.7	1.1338	12	136.7
20.4	1.1634	14	162.9
23.0	1.1885	16	190.2
25.6	1.2140	18	218.5

（五）亚硫酸钠溶液的相对密度

表4-2-4　　亚硫酸钠溶液相对密度表（在19℃时）

波美	相对密度	亚硫酸钠（%）	亚硫酸钠（g/l）
1.1	1.0078	1	10.08
2.3	1.0172	2	20.34
5.1	1.0363	4	41.45
7.6	1.0556	6	63.34
10.1	1.0751	8	86.0
12.6	1.0948	10	109.5
14.9	1.1146	12	133.8
17.2	1.1346	14	158.8
19.4	1.1549	16	184.8
21.7	1.17[illegible]	18	211.6

（六）石灰乳液的相对密度

表4-2-5　　石灰乳液相对密度表

波美度	相对密度（20℃）	CaO含量（g/l）	CaO含量（重量%）	$Ca(OH)_2$含量(g/l)	$Ca(OH)_2$含量(重量%)
1.23	1.0085	10	0.99	13.2	1.31
2.43	1.017	20	1.96	26.1	2.59
3.47	1.0245	30	2.93	39.6	3.87
4.43	1.0315	40	3.88	52.8	5.13
5.44	1.039	50	4.81	66.1	6.36
6.375	1.046	60	5.74	79.3	7.58

续表

波美度	相对密度 (20℃)	CaO含量 (g/l)	CaO含量 (重量%)	$Ca(OH)_2$ 含量 (g/l)	$Ca(OH)_2$ 含量(重量%)
7.36	1.0535	70	6.65	92.5	8.79
8.275	1.0605	80	7.54	105.7	9.96
9.17	1.0675	90	8.43	118.9	11.14
10.11	1.075	100	9.30	132.1	12.29
11.05	1.0825	110	10.16	145.3	13.43
11.91	1.0895	120	11.01	158.6	14.55
12.76	1.0965	130	11.86	171.8	15.67
13.66	1.104	140	12.68	185.0	16.76
14.50	1.111	150	15.50	198.2	17.84
15.36	1.1185	160	14.30	211.4	18.90
16.17	1.1255	170	15.10	224.6	19.95
16.97	1.1325	180	15.89	237.9	21.00
17.81	1.140	190	16.67	251.1	22.03
18.63	1.1475	200	17.43	264.3	23.03
19.40	1.1545	210	18.19	277.5	24.04
20.16	1.1615	220	18.94	290.7	25.03
20.91	1.1685	230	19.68	303.9	26.01
21.70	1.176	240	20.41	317.1	26.96
22.48	1.1835	250	21.12	330.4	27.91
23.20	1.1905	260	21.84	343.6	28.86
23.91	1.1975	270	22.55	356.8	29.80
24.67	1.205	280	23.24	370.0	30.71
25.41	1.2125	290	23.92	383.2	31.61
26.10	1.2195	300	24.60	396.4	32.51

（七）碱法蒸煮液中有关化学药品分子量及其换算因数

由于碱法蒸煮液涉及Na_2O、NaOH、Na_2S及Na_2CO_3等化学药品，在进行工艺计算时需要将这些化合物换算为某一种化学药品表示，其换算因数见表4-2-6。

表4-2-6　　碱法蒸煮液中有关化学药品的分子量及其换算因数

化学药品名称 A	分子式 B	分子量 C	相当于Na_2O分子量62的重量 D	各化学药品换算成Na_2O重量的换算因数 $E=\frac{62}{D}$	Na_2O换算成其它化学药品重量的换算因数 $F=\frac{D}{62}$	各化学药品换算成NaOH重量的换算因数 $G=\frac{80}{D}$	NaOH换算成其它化学药品重量的换算因数 $H=\frac{D}{80}$
（氧化钠）	（Na_2O）	（62.0）	（62.0）	（1.000）	（1.000）	（1.290）	（0.775）
氢氧化钠	NaOH	40.0	80.0	0.775	1.290	1.000	1.000
硫化钠	Na_2S	78.0	78.0	0.795	1.258	1.026	0.975
硫氢化钠	NaSH	56.0	112.0	0.554	1.807	0.714	1.400
碳酸钠	Na_2CO_3	106.0	106.0	0.585	1.710	0.753	1.303
硫酸钠	Na_2SO_4	142.0	142.0	0.437	2.290	0.563	1.775
硫代硫酸钠	$Na_2S_2O_3$	158.1	158.1	0.392	2.635	0.506	1.976
亚硫酸钠	Na_2SO_3	126.0	126.0	0.492	2.032	0.635	1.575

二、硫酸盐法蒸煮液的组成

表4-2-7所示为国内硫酸盐木浆蒸煮液的组成。

表4-2-7　　国内硫酸盐木浆蒸煮液的组成

原料名称	东北产红白松		东北产红白松	福建马尾松木	福建马尾松木
纸浆用途	绝缘浆	纸袋纸	本色及半漂浆	纸袋纸	本色及漂白浆
活性碱(Na_2O)浓度(g/l)	85～100	85～100	90～100	95～100	90～100
活性碱温度（℃）	>85	>85		>75	>70
硫化度（%）	20	>17	>25	24～28	18～23
白液澄清度（ppm）	<100	<100	<100	<100	<100
苛化度（%）			>80	83～88	

三、硫酸盐法蒸煮送液量

（一）北美硫酸盐木浆蒸煮送液量实例

见表4-2-8。

表4-2-8　　北美硫酸盐木浆蒸煮送液量

厂号	每吨风干浆漂浆需要的蒸煮锅容积（m^3）	送液量（m^3）		白液量（m^3） 活性碱浓度（104.1kg/m^3 Na_2O）		活性碱用量 Na_2O	黑液量（m^3）		纸浆用途
		每锅	每吨风干浆	每锅	每吨风干浆	(kg/t风干浆)	每锅	每吨风干浆	
1	8.4	33.1	3.0	31.4	2.9	298.5	1.6	0.2	漂白浆
2	8.4	43.7	3.0	41.7	2.8	292.6	2.0	0.1	漂白浆
3	8.7	48.1	4.5	28.1	2.6	273.5	20.1	1.9	漂白浆
4	9.5	48.1	4.9	24.4	2.5	259.	23.7	2.4	纸
5	8.3	48.1	4.7	27.6	2.7	282.1	20.5	2.0	纸
6	10.0	—	—	—	—	—	—	—	硫酸盐浆
7	9.4	41.1	4.1	28.3	2.8	294.8	12.7	1.3	纸
8	9.7	41.1	3.7	37.9	2.9	321.2	3.1	0.3	漂白纸
9	11.8	53.8	5.6	26.9	2.8	291.7	26.9	2.8	漂白浆
10	8.2	57.2	2.7	41.2	2.0	203.2	16.1	0.7	纸板
11	10.0	57.6	3.3	55.0	3.2	331.3	2.5	0.1	纸板面层

续表

厂号	每吨风干木浆需要的蒸煮锅容积 (m^3)	送液量 (m^3)		白液量 (m^3) 活性碱浓度 (104.1kg/m^3 Na_2O)		活性碱用量 Na_2O (kg/t风干浆)	黑液量 (m^3)		纸浆用途
		每锅	每吨风干浆	每锅	每吨风干浆		每锅	每吨风干浆	
12	9.9	33.1	4.1	21.0	2.6	266.7	13.7	1.7	漂白纸、纸板和滤纸
13	6.8	33.3	3.7	10.1	2.7	278.1	16.7	1.8	漂白纸、纸板和滤纸
14	8.6	51.0	3.7	34.2	2.5	256.3	16.8	1.2	纸
15	8.8	51.0	3.8	34.4	2.6	265.1	16.5	1.2	纸板面浆
16	7.7	51.0	3.3	29.6	1.9	198.7	21.1	1.4	板纸底浆
17	8.9	26.5	3.8	18.8	2.7	278.5	7.8	1.1	漂白浆
18	9.3	32.6	4.0	18.3	2.2	223.2	14.2	1.7	纸
19	11.8	51.0	5.6	26.2	2.9	299.4	24.6	2.8	漂白浆
20	10.3	73.6	5.7	33.8	2.6	270.4	40.0	3.1	漂白浆
21	12.0	49.6	5.4	27.8	3.1	317.5	21.8	2.4	漂白硫酸盐浆
22	9.2	50.0	3.9	35.1	2.7	275.8	14.9	1.2	牛皮纸、纸板
23	9.2	50.0	3.9	35.1	2.7	275.8	14.9	1.2	挂面纸板面浆
24	8.0	51.0	3.4	31.2	1.7		20.0	1.3	挂面纸板底浆
25	8.9	53.0	3.6	41.6	2.8	278.1	9.1	0.6	漂白纸板
26	11.0	48.1	5.5	29.7	3.4	—	18.4	2.1	浆
27	10.2	45.3	5.2	28.9	3.1	—	18.4	2.1	纸和纸板

续表

厂号	每吨风干未漂浆需要的蒸煮锅容积 (m^3)	送液量 (m^3)		白液量 (m^3) 活性碱浓度 104.1kg/m^3 Na_2O		活性碱用量 Na_2O (kg/t风干浆)	喷液量 (m^3)		浆用途
		每锅	每吨风干浆	每锅	每吨风干浆		每锅	每吨风干浆	
28	10.4	39.4	4.6	17.6	2.1	202.3	21.8	2.6	里面纸板
29	10.3	74.3	4.2	37.5	2.1	208.7	36.8	2.1	面纸板
30a	9.4	70.8	4.9	39.7	2.8	290.8	18.4	1.3	针叶木漂白浆
30b	8.2	70.8	4.3	38.8	2.4	247.2	18.4	1.1	阔叶木漂白浆
31a	9.4	93.5	5.0	60.9	3.3	345.4	18.4	1.0	漂白浆
31b	8.2	93.5	4.5	56.8	2.7	287.1	19.8	0.9	漂白浆
32	12.7	53.8	6.3	29.2	3.4	330.2	24.6	2.9	漂白浆
33	9.6	53.4	3.8	39.3	2.8	292.6	16.5	1.2	本色纸板
34	9.7	85.0	4.7	56.9	3.2	331.1	20.8	1.2	漂白浆和纸板
35	8.3	96.9	5.6	38.8	2.6	274.4	17.2	1.2	漂白纸
36	8.4	105.6	6.3	51.6	2.7	259.5	16.3	1.0	漂白纸
37a	8.7	51.1	2.8	51.0	2.6	272.2	3.9	0.2	纸板面浆
37b	7.8	51.1	2.5	44.6	2.2	223.0	4.5	0.3	纸板底浆

注：本表的吨为短吨，1 短吨 = 0.907吨。

（二）不同蒸煮设备的送液量

蒸煮送液量因木片水分、循环条件、装锅方法及锅型等不同而异，一般送液量平均数据如表4-2-9所示。

表4-2-9　　不同蒸煮设备的送液量

蒸煮锅	蒸煮液体积	
	l/m³ 锅容	按锅容的%计
直立回转式	300～500	30～50
直立式无强制循环	650～700	65～70
直立式有强制循环		
（1）直接通汽时	约450	45
（2）间接通汽时	500～550	50～55

四、硫化钠的水解

（一）硫化钠水解图

许多试验研究结果证明，白液中硫化钠的水解常数为：

$$S^{=} + H_2O \rightleftarrows SH^- + OH^- \quad 1000 > K_1 > 0.01$$

$$SH^- + H_2O \rightleftarrows H_2S + OH^- \quad K_2 \approx 10^{-7}$$

由上式很容易计算在各种pH值下$S^{=}$、SH^-和H_2S的浓度，但K_1还没有很正确的数字，很可能的一个数值为$K_1 = 10$。假定以此数为准，则可计算出$S^{=}$、SH^-和H_2S的浓度。例如在0.1mol/l溶液中，在各种pH值时的浓度如图4-2-5所示。

（二）硫化钠在不同氢氧化钠浓度下的水解

硫化钠水解度随氢氧化钠浓度的增加而降低，表4-2-10列出

NaOH浓度从 0 至1.5mol/l时Na_2S的水解度。

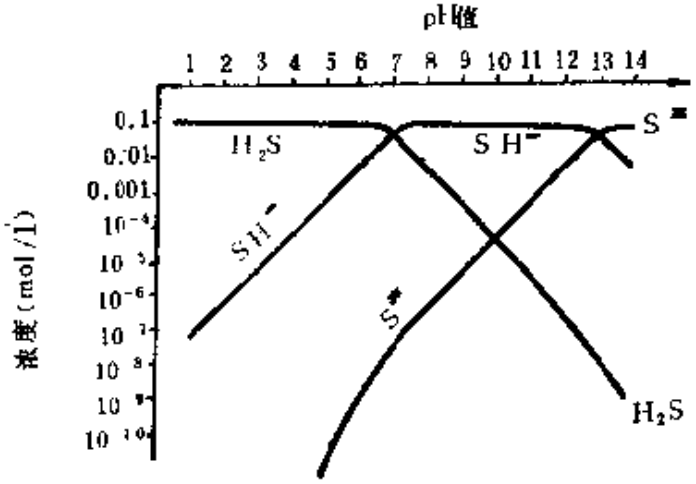


图4-2-5　硫醇盐蒸煮液中不同pH值时H_2S、$S^=$、HS^-的浓度

表4-2-10　　Na_2S在不同NaOH浓度溶液中的水解度

温度	Na_2S的浓度	在不同NaOH浓度（mol/l）时，Na_2S的水解度（%）				
(℃)	(mol/l)	0.0	0.25	0.50	0.75	1.5
25	0.15	93	80	67	57	38
	0.25	92	80	—	59	41
	0.35	84	72	—	55	33①
110	0.20	89	79	67	52	43
165	0.20	92	85	72	54	47

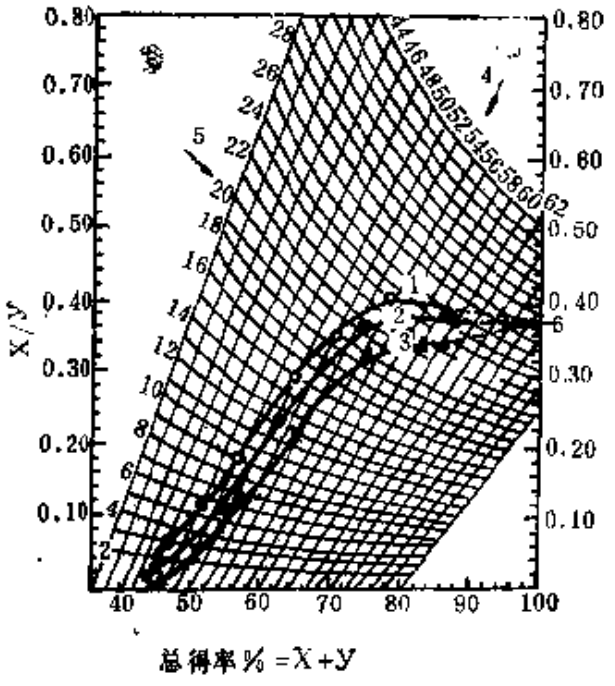
注：蒸煮液的硫化度相当31.8%。

第三节　碱法蒸煮的主要化学反应和脱木素的途径

一、蒸煮过程中木素和碳水化合物变化的概况

碱法蒸煮是一个多相的、多种化合物参与的复杂的化学反应。它不仅有脱木素作用和碳水化合物的降解溶出，也有木素的缩合作用，此外还有碱与纤维原料中其它次要组分的反应。

蒸煮的目的是尽快地和尽可能多地脱除木素，同时尽可能使碳水化合物少受降解。



1.烧碱法蒸煮曲线
2.硫酸盐法蒸煮曲线
3.酸性亚硫酸镁盐法蒸煮曲线
4.等量残留碳水化合物线
5.等量残留木素线
6.初始木片

图 4-3-1　罗斯图

（烧碱法、硫酸盐法和酸性亚硫酸镁盐法制浆的比较）

X = 纸浆中的木素；Y = 纸浆中的碳水化合物

在不同的蒸煮阶段中，木素和碳水化合物有不同的溶出速率。在罗斯图（Ross diagram）中（图4-3-1）可看出木素与碳水化合物变化的总趋势。

（1）蒸煮初期，三种方法蒸煮特别是烧碱法比较接近“等量残留木素线”的方向进行，碳水化合物比木素溶出快。

（2）在浆中残留木素为20～23%时，曲线转折，趋近于“等量残留碳水化合物线”，此后，木素溶出比碳水化合物快得多。

（3）当残留木素低于5%，碳水化合物相对溶出速度又加快。

（4）在蒸煮过程的任何阶段，在同一木素含量时，烧碱法的得率均低于硫酸盐法。

二、碱法蒸煮中脱木素的主要化学反应

（一）碱法蒸煮脱木素的作用原理

（1）木素在与NaOH和Na_2S的作用下，其结构单元间联结的主要键发生一定程度的断裂，在木素大分子中引入亲液性基团，使木素在蒸煮液中较易溶解。

（2）由于某些键的断裂，造成木素大分子降解，使相邻木素单元分裂成为低分子物（碎片）而溶出。

（二）木素结构单元间各种联结的键在蒸煮中的行为

见表4-3-1。

表4-3-1

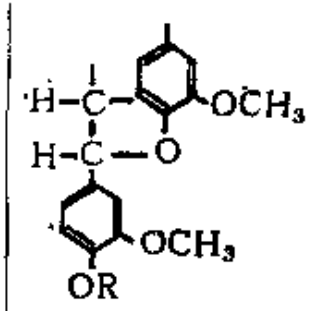
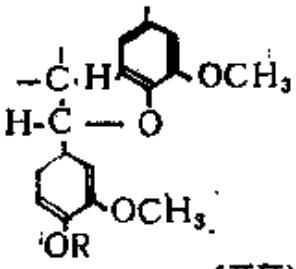
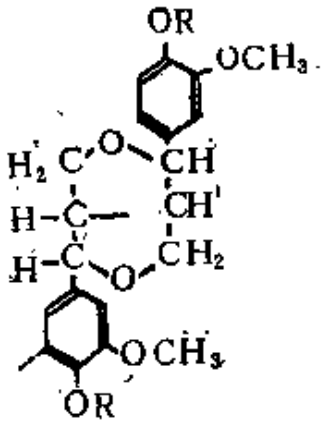
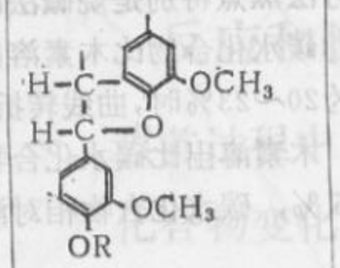
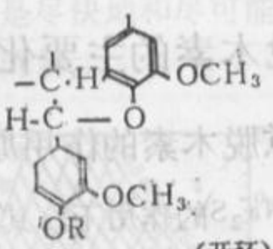
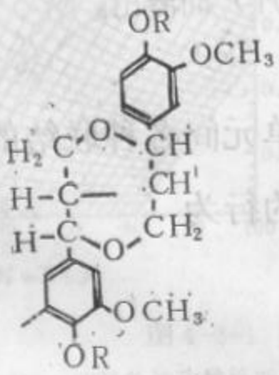
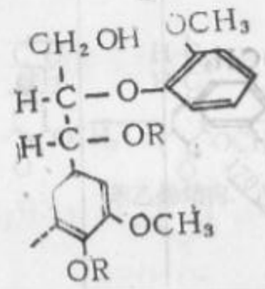
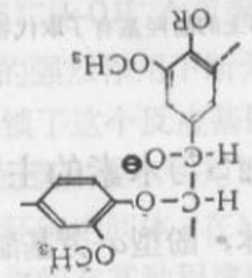
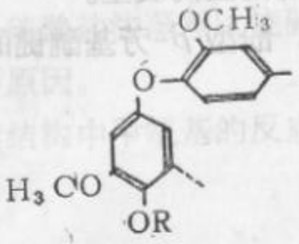
木素结构单元 联接的键		结构式和名称	在木素中的含量(约%)	在碱法蒸煮中的行为	
				酚型 R = H	非酚型 R = 相邻单元
醚键	α-芳基醚键	 (杂环) 苯基香豆满	6	断裂，增加木素的亲液性	稳定
		 (开环)	6	断裂，使木素降解	稳定
键	α-烷基醚键 γ-烷基醚键	 松醌醇	6	断裂，增加木素的亲液性	稳定

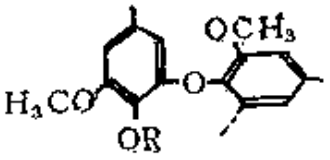
表4-3-1

木素结构单元 / 联接的键	结构式和名称	在木素中的含量(约%)	在碱法蒸煮中的行为	
			酚型 R=H	非酚型 R=相邻单元
醚键	 (杂环) 苯基香豆满	6	断裂，增加木素的亲液性	稳定
α-芳基醚键	 (开环)	6	断裂，使木素降解	稳定
键 α-烷基醚键 γ-烷基醚键	 松酯醇	6	断裂，增加木素的亲液性	稳定

续表

木素结构单元 / 联接的键	结构式和名称	在木素中的含量(约%)	在碱法蒸煮中的行为	
			酚型 R=H	非酚型 R=相邻单元
醚键	 愈疮木基-甘油-β愈疮木基醚	40	断裂，在NaOH和Na_2S作用下，使相邻单元快速地完全断开	稳定
β-芳基醚键				断裂
键 二芳基醚键		6	稳定	稳定

续表

木素结构单元		在木素中的含量（约%）	在碱法蒸煮中的行为	
联接的键	结构式和名称		酚型 R = H	非酚型 R = 相邻单元
			稳定	稳定
C-C键	有α-α′，β-β′，5-5′，β-5′等	25～33	稳定	

酚型结构，由于苯环上存在游离酚羟基，使对位侧链上α-碳原子活化，促使此处的醚键容易发生断裂。非酚型结构由于苯环上的酚羟基有了取代物（与相邻单元联接），难于使α-碳原子活化。

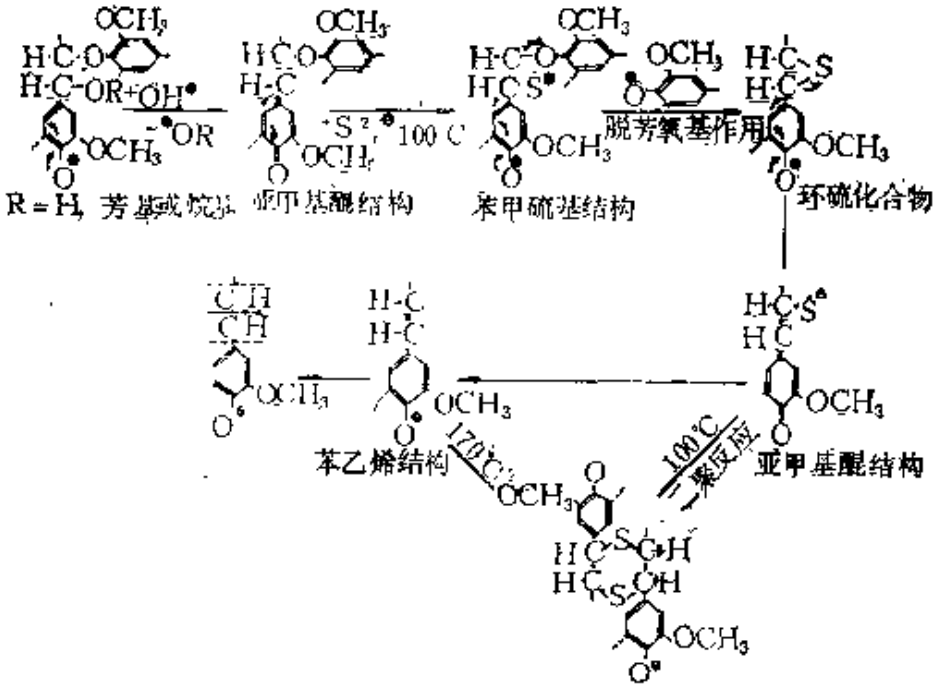
（三）NaOH和Na_2S与木素的主要反应

（1）经过亚甲基醌中间体，酚型α-芳基醚键和α-烷基醚键发生断裂。

（2）经过环氧中间体，非酚型β-芳基醚键断裂。

以上两类反应仅在不大的范围内发生。

（3）经过环硫中间体，酚型β-芳基醚键的断裂（木素最主要的反应）。



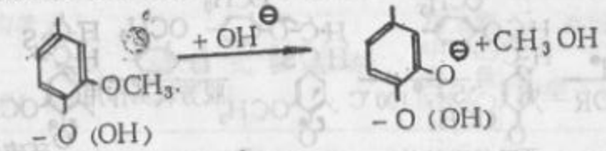
1,4-对二硫杂环己烷结构

由于SH^-和S^-比OH^-有更强的亲核作用，当α-醚键在苯环上的酚盐阴离子的强烈作用下断开后，S^-离子立即接在活泼的α-碳原子上，封锁了这个反应基团，防止在α位上发生木素缩合的倾向。在S^{2-}的强烈亲核作用下，把β-碳原子上的愈疮木酚基也取代了，形成环硫中间体，在170℃下，最后产生芳核与侧链之间及侧链碳原子之间有某种程度断裂的产物，木素大分子一步步裂解变小溶入蒸煮液中。这一反应十分迅速而且相当完全。但在单纯NaOH的作用下，β-芳基醚键的断裂只是次要的反应，仅有30%裂开。这是硫酸盐法蒸煮比烧碱法蒸煮能增加脱木素速度和脱木素量的主要原因。

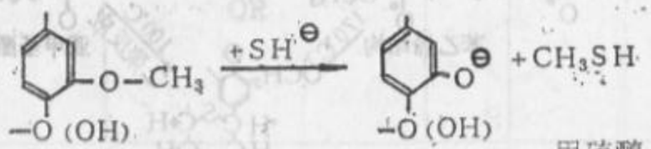
（4）木素结构中甲氧基的反应（属于SN_2取代反应*）

* 亲核子团与有机分子作用，发生的反应称为亲核子性取代反应（SN），SN_2为二级反应。

① 烧碱法，反应仅在小范围内发生。



② 硫酸盐法，由于SH^-比OH^-有更强的亲核性，反应在较广泛范围内发生。



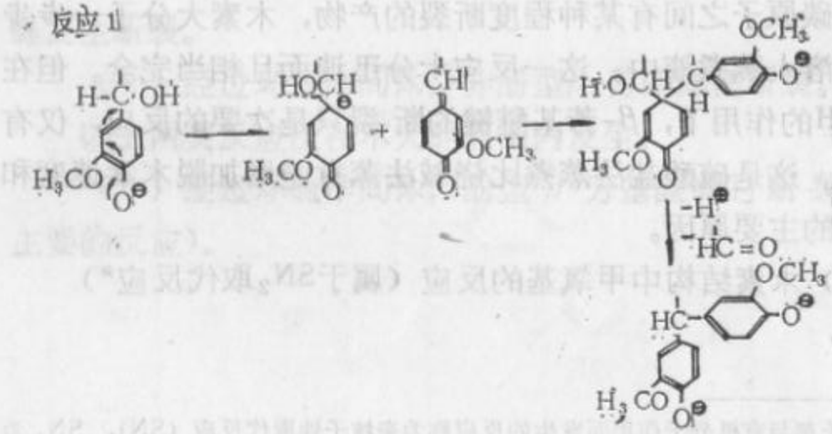
甲硫醇（有恶臭）

（四）木素的缩合反应

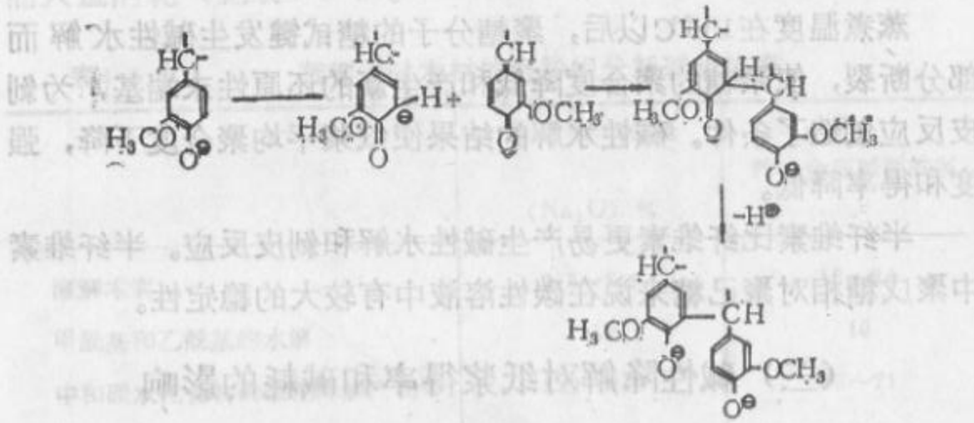
在碱法蒸煮中，木素反应的中间产物有不同程度的缩合。在没有SH^-及S^{2-}时，缩合的倾向更大。但缩合了的木素还能在高温碱液中裂开，但速度较慢而且碱耗较高。

（1）亚甲基醌结构与木素中负碳离子的缩合反应

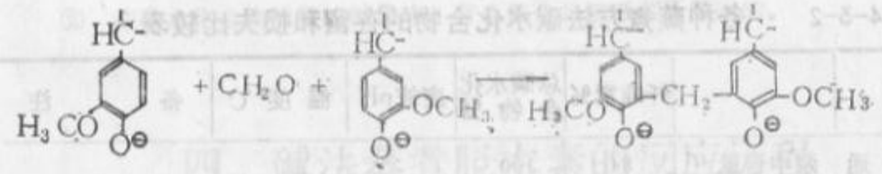
反应1



反应2



（2）甲醛（木素与NaOH反应时产生的）与木素中苯酚结构的缩合。



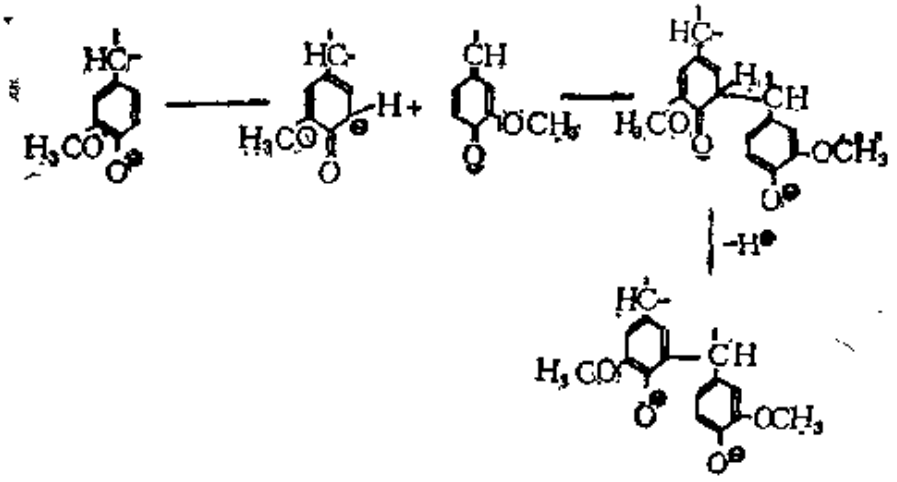
三、碱法蒸煮中碳水化合物的降解

在碱法蒸煮的整个过程中，碳水化合物都以不同的速度溶出（见第24页罗司图），除了少量低分子部分（如乙酰基和糖醛酸等）是直接溶解外，主要是聚糖（纤维素和半纤维素）发生碱性降解（剥皮反应和碱性水解）。

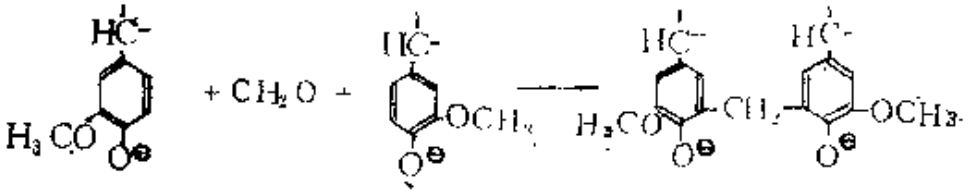
（一）剥皮反应

剥皮反应从蒸煮升温就开始发生。这一反应从聚糖分子的还原性末端基开始，一个个葡萄糖基掉下来并形成异变糖酸。在掉下几十个葡萄糖基后，会由于终止反应使多糖分子末端产生偏变糖酸而停止剥皮反应。剥皮反应的结果使得率降低。

反应2



（2）甲醛（木素与NaOH反应时产生的）与木素中苯酚结构的缩合。



三、碱法蒸煮中碳水化合物的降解

在碱法蒸煮的整个过程中，碳水化合物都以不同的速度溶出（见第24页罗司图），除了少量低分子部分（如乙酰基和糖醛酸等）是直接溶解外，主要是聚糖（纤维素和半纤维素）发生碱性降解(剥皮反应和碱性水解)。

（一）剥皮反应

剥皮反应从蒸煮升温就开始发生。这一反应从聚糖分子的还原性末端基开始，一个个葡萄糖基掉下来并形成异变糖酸。在掉下几十个葡萄糖基后，会由于终止反应使多糖分子末端产生偏变糖酸而停止剥皮反应。剥皮反应的结果使得率降低。

（二）碱性水解

蒸煮温度在150℃以后，聚糖分子的糖甙键发生碱性水解而部分断裂，使聚糖的聚合度降低和产生新的还原性末端基，为剥皮反应创造了条件。碱性水解的结果使纸浆平均聚合度下降，强度和得率降低。

半纤维素比纤维素更易产生碱性水解和剥皮反应。半纤维素中聚戊糖相对聚己糖来说在碳性溶液中有较大的稳定性。

（三）碱性降解对纸浆得率和碱耗的影响

针叶木硫酸盐法蒸煮（温度160～175℃）中，碳水化合物损失高达35%，其中纤维素损失约20%（见表4-3-2），使纸浆得率降低。

表4-3-2　各种蒸煮方法碳水化合物的存留和损失比较表

		纤维素%	总碳水化合物%	废液pH	温度℃	备注
普通	浆中含量	81	100			
	原料中含量	34	42	12～13	160～175	
硫酸盐法	损失	21	35			
改良	浆中含量	83	100			蒸煮液以 Na_2CO_3 缓冲，使 pH 值稍低于普通硫酸盐法
	原料中含量	35	42	10～11	160～175	
硫酸盐法	损失	19	35			
预水解	浆中含量	97	100	3～4	150～180	
	原料中含量	34	35	12～13	160～170	
硫酸盐法	损失	21	46			
亚硫酸	浆中含量	83	100			
	原料中含量	38	46	2.5～4.0	150～170	
氢盐法	损失	12	29			
酸性	浆中含量	87	100			
	原料中含量	41	47	1～1.5	130～150	
亚硫酸盐法	损失	5	28			

原料为铁杉

碳水化合物降解产物是多种有机酸，蒸煮碱液被这些酸中和而大量消耗（见表4-3-3）。

表4-3-3　蒸煮①时木材的各种组分耗碱比较表

	消耗的碱量 (Na_2O) %	约占全部碱耗的%
溶解木素	2.3～3.0	18～24
甲酰基和乙酰基的水解	1.3	10
中和碳水化合物的酸性降解产物②	8.2～8.9	65～71
全部消耗	12.5	100

① 原料：云杉；蒸煮药液：NaOH；用碱量：18.9%（Na_2O对木材重）；实际消耗碱量：12.5%；纸浆得率：44%；浆中木素含量6.36%。

② 在碳水化合物消耗的碱量中，有小部分是被纸浆所吸附的。

四、碱法蒸煮脱木素的反应历程

木材与草类原料，从组织结构、微观结构到化学组成和木素分子结构都有差别。因此，两者的蒸煮脱木素反应历程也有很大的差别。了解这些差别，对正确地制订蒸煮工艺条件有着重大的指导意义。

（一）木材原料碱法蒸煮脱木素反应历程

木材硫酸盐法蒸煮时，脱木素反应历程分三个阶段，即初始脱木素阶段，大量脱木素阶段和残余木素脱除阶段。图4-3-2和图4-3-3分别为辐射松和马尾松硫酸盐蒸煮的三个阶段。

蒸煮脱木素三个阶段木素及碳水化合物反应的主要形式列于表4-3-4。

碳水化合物降解产物是多种有机酸，蒸煮碱液被这些酸中和而大量消耗（见表1-3 3）。

表4-3-3　　蒸煮①时木材的各种组分耗碱比较表

	消耗的碱量 (Na_2O) %	约占全部碱耗的%
溶解木素	2.3～3.0	18～24
甲酰基和乙酰基的水解	1.3	10
中和碳水化合物的酸性降解产物②	8.2～8.9	65～71
全部消耗	12.5	100

① 原料：云杉；蒸煮药液：NaOH；用碱量：18.9%（Na_2O对木材重）；实际消耗碱量：12.5%；纸浆得率：44%；浆中木素含量6.3%。

② 在碳水化合物消耗的碱量中，有小部分是被纸浆所吸收的。

四、碱法蒸煮脱木素的反应历程

木材与草类原料，从组织结构、微观结构到化学组成和木素分子结构都有差别。因此，两者的蒸煮脱木素反应历程也有很大的差别。了解这些差别，对正确地制订蒸煮工艺条件有着重大的指导意义。

（一）木材原料碱法蒸煮脱木素反应历程

木材硫酸盐法蒸煮时，脱木素反应历程分三个阶段，即初始脱木素阶段，大量脱木素阶段和残余木素脱除阶段。图4-3-2和图4-3-3分别为辐射松和马尾松硫酸盐蒸煮的三个阶段。

蒸煮脱木素三个阶段木素及碳水化合物反应的主要形式列于表4-3-4。

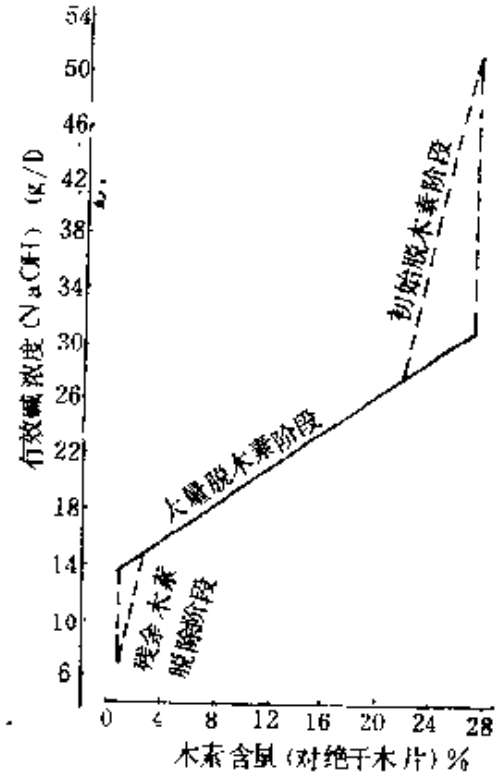


图 4-3-2　美国辐射松硫酸盐蒸煮脱木素的三个阶段

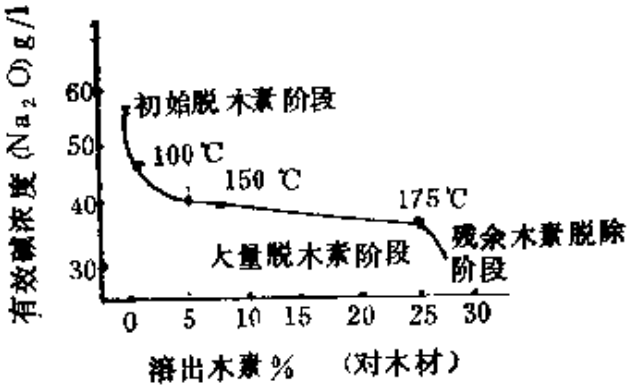


图 4-3-3　马尾松硫酸盐蒸煮脱木素的三个阶段

表4-3-4　　针叶木材硫酸盐蒸煮各个阶段木素及碳水化合物的反应

阶　段	温　度(℃)	木素溶出率(对原有木素)%	碱消耗%(对总用碱量)	木　素　反　应	碳水化合物反应	反　应　形　式
初始脱木素阶段	100～150	20～30		①酚型α-芳基醚键断裂 ②酚型β-芳基醚键断裂 ③缩合反应	剥皮反应和停止反应	①乙烯类β-消除反应 ②通过环硫化进行分子亲核反应 ③共轭加成反应
大量脱木素阶段	150～170	60～65		①非酚型β-芳基醚键断裂，接着进行酚型α-芳基醚键断裂和酚型β-芳基醚键断裂 ②缩合反应 ③C-C键断裂	①糖苷键碱性水解，接着进行剥皮反应和停止反应 ②C-C键断裂	①通过环氧化进行分子内亲核取代反应 ②乙烯类β-消除反应 ③通过环硫化进行分子内亲核取代反应 ④共轭加成反应
残余木素脱除阶段	175 (保温100分钟)	～8		①C-C键断裂 ②缩合反应	C-C键断裂	共轭加成反应

（二）草类原料碱法蒸煮脱木素反应历程

近年我国对芦苇、蔗渣和麦草的硫酸盐法和烧碱法蒸煮的研究指出：草类碱法蒸煮可分为五个阶段，其中升温分三个阶段，保温分两个阶段。与木材原料相比，草类原料木素大量溶出的温度提前较多，而且在100℃以前，已有过半木素溶出，整个升温阶段，木素脱除率已达90%；保温过程又有一个很明显的转折点，见图4-3-4、图4-3-5和表4-3-5。

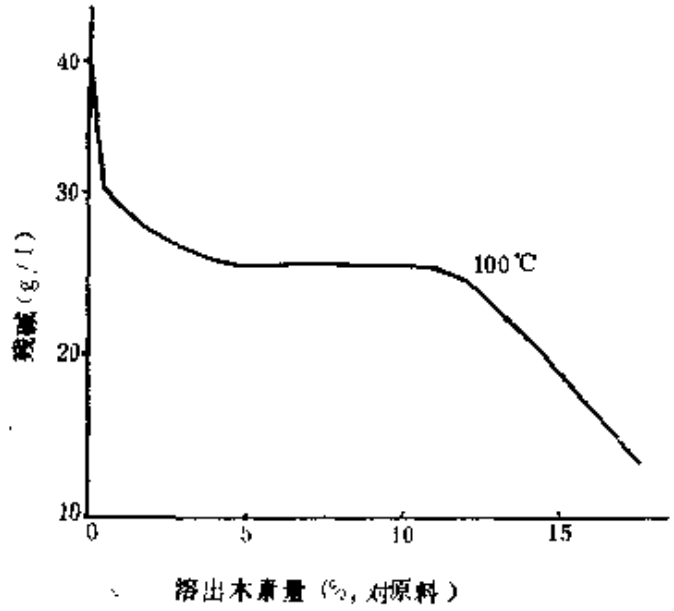


图4-3-4　芦苇硫酸盐蒸煮升温过程中脱木素的三个阶段

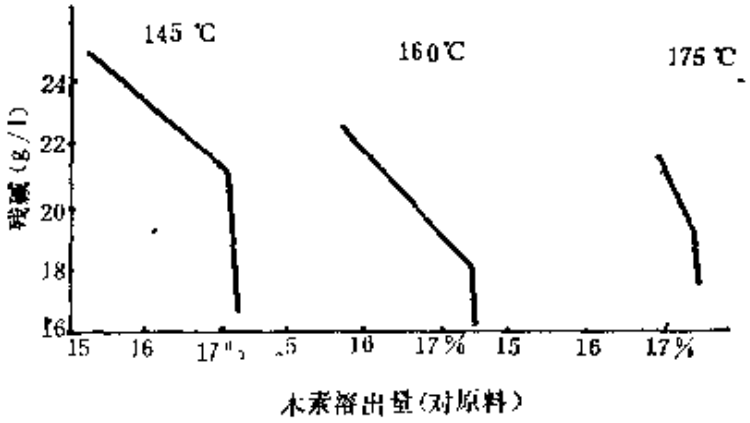


图 4-3-5　芦苇硫酸盐蒸煮保温过程中脱木素的两个阶段

表4-3-5　　芦苇硫酸盐蒸煮各个阶段木素的溶出率

脱木素阶段			温度（℃）	木素溶出率（%）	碱消耗（%）（对总用碱量）	主要反应
升温①	第一N段	中和阶段	25（时间40～60min）	约15	30～45	中和酸性抽出物 中和木素羧基、酚羟基、游离烯醇基 溶解碳水化合物及灰分
保温②	第二S段	木素溶解阶段	25→100～110	45～60	3～4	木素中酮基互变为烯醇基 生成木素类盐产物
	第三Q段	快速脱木素阶段	100→145～175	至145℃，约22% 至160℃，约26% 至175℃，约30%	15～27	α-芳基醚键断裂
	第四L段	低速脱木素阶段	145～175	2～5	8～13	α-芳基醚键断裂 β-芳基醚键断裂
	第五R段	脱除残余木素阶段	145～175	溶出很少（木素残余量为2～9%）		

①升温阶段蒸煮试验条件：用碱量25%，硫化度，11.6%，液比1:6，升温25分。

②保温阶段蒸煮试验条件：用碱量20%和25%，硫化度12.7%，液比1:6。

由此可见，草类原料碱法蒸煮时，只要原料与碱液混合均匀，并有合适的升温时间，则可以在很短的保温时间内甚至不保温就能成浆。

碱法蒸煮后，不管是木浆还是草浆，总有少量难溶的木素残留在纸浆中，其残留量随蒸煮条件的不同而异。蒸煮温度高，残余量小；烧碱法蒸煮比硫酸盐法残余量大。这部分木素是与半纤维素组成LCC（木素-碳水化合物复合体）的木素，要把这部分木素通过蒸煮脱除，势必造成碳水化合物的强烈降解，纸浆得率、强度和聚合度下降。合理的方法是通过适当的漂白条件把它除去。

五、碱液的浸透和脱木素途径

（一）浸透的方式

碱液通过两种物理作用浸透入木片中。

1. 毛细管作用

是蒸煮液整体浸透到纤维空隙内。作用动力是压力差和表面张力，它的流动主要决定于形态学的因素，木材存在空气对毛细管作用有妨碍。

2. 扩散作用

是蒸煮液中的离子扩散到存在于木片的水分中。作用动力是液体中离子的浓度差，扩散速率主要决定于离子的浓度梯度和液体的温度。

两者的特点如表4-3-6。

（二）浸透的途径

1. 蒸煮液整体浸透的途径

针叶木与阔叶木由于形态学的差异，两者的浸透途径是不同

由此可见，草类原料碱法蒸煮时，只要原料与碱液混合均匀，并有合适的升温时间，则可以在很短的保温时间内甚至不保温就能成浆。

碱法蒸煮后，不管是木浆还是草浆，总有少量难溶的木素残留在纸浆中，其残留量随蒸煮条件的不同而异。蒸煮温度高，残余量小；烧碱法蒸煮比硫酸盐法残余量大。这部分木素是与半纤维素组成LCC（木素-碳水化合物复合体）的木素，要把这部分木素通过蒸煮脱除，势必造成碳水化合物的强烈降解，纸浆得率、强度和聚合度下降。合理的方法是通过适当的漂白条件把它除去。

五、碱液的浸透和脱木素途径

（一）浸透的方式

碱液通过两种物理作用浸透入木片中。

1. 毛细管作用

是蒸煮液整体浸透到纤维空隙内。作用动力是压力差和表面张力，它的流动主要决定于形态学的因素，木材存在空气对毛细管作用有妨碍。

2. 扩散作用

是蒸煮液中的离子扩散到存在于木片的水分中。作用动力是液体中离子的浓度差，扩散速率主要决定于离子的浓度梯度和液体的温度。

两者的特点如表4-3-6。

（二）浸透的途径

1. 蒸煮液整体浸透的途径

针叶木与阔叶木由于形态学的差异，两者的浸透途径是不同

的。

针叶木是由开口纤维的末端（即木片的末端）前进，穿过纹孔，并以侧向运动通过射线，从一个细胞到另一个细胞。

阔叶木是由导管通过纹孔而进到射线及纵向薄壁细胞，然后穿过纹孔进入纤维。

纹孔的构造决定着蒸煮液的流速。

表4-3-6　　毛细管作用与扩散作用比较表

毛细管作用	扩散作用
①针叶木通过管胞胞腔、纹孔，阔叶木通过导管发生	①有水存在就能发生
②适宜于较干的木片	②适宜于水分饱和的木片
③沿纤维方向很长距离都有效	③仅在较短距离内有效
④不能沿径向、切向等方向进行	④能沿径向、切向进行
⑤不同材种以及同一材种的边材和心材，毛细管作用的浸透速率有显著差别	⑤不同材种差别不大
⑥木材相对密度没有影响	⑥木材相对密度有影响
⑦药液成分影响不大	⑦药液成分影响很大

2. 蒸煮液离子由胞腔进入胞间层的扩散途径

由胞腔穿过高密度微纤维的次生壁第三层（S_3）和第二层（S_2），透过密度低而木素含量高的次生壁第一层（S_1），最后到达木化程度高而孔隙度较小的胞间层。随着S_3和S_2层中的木素和半纤维素的溶出，使微纤维自行聚集成束而产生空隙，药液扩散的阻力逐渐减少。

由于碱液对木材的润胀作用，当 pH≥13.5时使得木材径向和切向的有效毛细管横截面积接近纵向的数值（见图4-3-6），因此离子向木材中的水分扩散的速度，纵向、径向和切向三个方向差距很小。这与亚硫酸盐蒸煮液以纵向浸透为主的情况有很大的

区别。

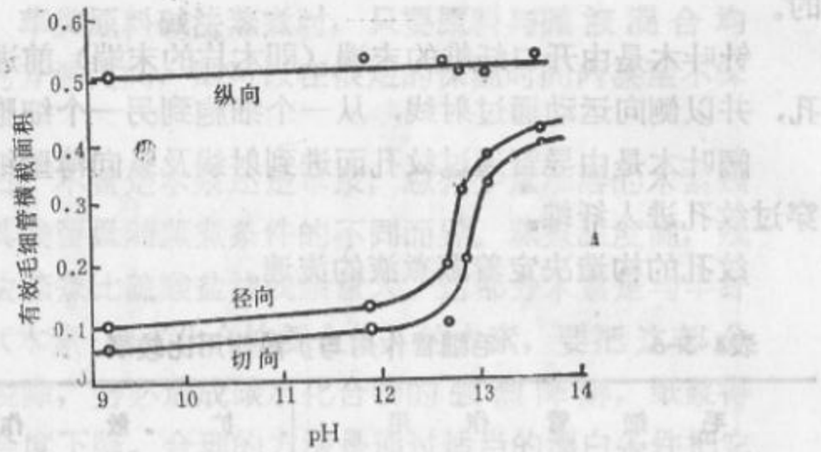


图 4-3-6　不同pH的药液对白杨木有效毛细管横截面积的影响

（三）在一般蒸煮条件下药液的浸透情况

实际上，毛细管作用、扩散作用和化学反应几乎是同时进行的，但有主次之分。在通常的蒸煮条件（指缓慢升温的液相蒸煮），蒸煮初期，毛细管作用是主要的，当温度超过140℃，脱木素速度加快，纤维腔已被液体所充满，此时扩散作用是主要的。

（四）碱法蒸煮时浸透与反应的关系

国外对浸透与反应关系的研究，出现过渗透理论和表面反应理论。

1. 渗透理论

这是早期的理论。其主要论点是：蒸煮升温初期药液主要是被木片吸收，几乎不发生化学反应，强调渗透时间对蒸煮的重要意义。因此，要求在蒸煮木片时，在110～125℃的升温阶段要保持一定的时间，有人认为蒸煮松木硬浆时为1h时，煮软浆时为2h。

2. 表面反应理论

即反应界面内移理论。主要论点是：在快速连续蒸煮时，药液与木素一开始就在木片表面发生化学反应，当一部分木素从木片表面除去后，“通道”被打开，碱液便经由“通道”到达逐渐内移

的药液与木片的界面，反应产物便从里向外扩散到药液中。因此要求木片具有可能最大的反应表面积，特别是实行快速蒸煮时。

3. 现在的看法

渗透理论强调了渗透的重要性，表面反应理论强调了快速蒸煮条件下的特殊情况。与亚硫酸盐法蒸煮不同，碱法蒸煮液浸透速度快，边浸透边反应，不存在木片浸透不好而造成生煮或“黑煮”。在生产一般纸浆时，没有必要实行中段（110～125℃）保温。但是碱液对木片的浸透也需有一定的时间，对于一般规格的木片，过短的升温或蒸煮时间将会造成蒸煮不均匀。

（五）碱法蒸煮时脱木素的途径

如上所述，碱液进入胞间层的途径是通过细胞壁。木素的分布是细胞壁特别是S_2层木素含量最高，这部分木素是与半纤维素混杂的；胞间层的木素密度最大，几乎由纯木素组成。因此，蒸煮时细胞壁的木素先脱除，胞间层木素后脱除。细胞壁的半纤维素的溶出形成了多孔结构，为细胞壁木素的脱除创造了条件。

此外，还认为脱木素速率的快慢也与木素单元结构的类型有关，含紫丁香基的木素越多，脱木素速率越快。因此阔叶木的脱木素速率一般比针叶木为快。

第四节　针叶木硫酸盐法制浆

我国硫酸盐法制浆目前常用的针叶木，在北方以红松、落叶松为主，此外，还有白松（云杉、沙松、臭松等材的总称），主要生产本色木浆。在南方以马尾松为主生产本色浆、漂白浆、溶解浆；以云杉、冷杉为主生产绝缘浆、本色浆、漂白浆。

针叶木硫酸盐法蒸煮制成的本色“牛皮浆”，特点是强度高，大多用来抄制强度较高的工业技术用纸，例如，纸袋纸、电缆纸、绝缘纸板，电容器纸等。此外，漂白硫酸盐针叶木浆用于掺配抄造

的药液与木片的界面，反应产物便从里向外扩散到药液中。因此要求木片具有可能最大的反应表面积，特别是实行快速蒸煮时。

3. 现在的看法

渗透理论强调了渗透的重要性，表面反应理论强调了快速蒸煮条件下的特殊情况。与亚硫酸盐法蒸煮不同，碱法蒸煮液浸透速度快，边浸透边反应，不存在木片浸透不好而造成生煮或“黑煮”。在生产一般纸浆时，没有必要实行中段（110～125℃）保温。但是碱液对木片的浸透也需有一定的时间，对于一般规格的木片，过短的升温或蒸煮时间将会造成蒸煮不均匀。

（五）碱法蒸煮时脱木素的途径

如上所述，碱液进入胞间层的途径是通过细胞壁。木素的分布是细胞壁特别是S_2层木素含量最高，这部分木素是与半纤维素混杂的；胞间层的木素密度最大，几乎由纯木素组成。因此，蒸煮时细胞壁的木素先脱除，胞间层木素后脱除。细胞壁的半纤维素的溶出形成了多孔结构，为细胞壁木素的脱除创造了条件。

此外，还认为脱木素速率的快慢也与木素单元结构的类型有关，含紫丁香基的木素越多，脱木素速率越快。因此阔叶木的脱木素速率一般比针叶木为快。

第四节　针叶木硫酸盐法制浆

我国硫酸盐法制浆目前常用的针叶木，在北方以红松、落叶松为主，此外，还有白松（云杉、沙松、臭松等材的总称），主要生产本色木浆。在南方以马尾松为主生产本色浆、漂白浆、溶解浆；以云杉、冷杉为主生产绝缘浆、本色浆、漂白浆。

针叶木硫酸盐法蒸煮制成的本色“牛皮浆”，特点是强度高，大多用来抄制强度较高的工业技术用纸，例如，纸袋纸、电缆纸、绝缘纸板，电容器纸等。此外，漂白硫酸盐针叶木浆用于掺配抄造

印刷纸及书写纸等各种文化用纸，少量制成溶解浆供化纤厂用。

一、蒸煮对木材的质量和规格要求

蒸煮对原木质量和规格的要求，视浆料性质、产品质量及工厂设备特征等条件而定。一般地如生产优质浆，象高纯度绝缘浆、漂白上等浆及特种纸浆等应采用优等材，原木不允许有腐朽及其它疵病。木片的尺寸和水分含量应很均匀。无论用哪种原料、生产哪种浆料，都要求蒸煮用的木片规格比较均一，合乎一定的要求，否则将直接影响浆的质量、产量和原材料的消耗。

二、产品特征及用途

（一）未漂硫酸盐木浆的技术指标及用途

表4-4-1　　未漂硫酸盐木浆的技术特征及用途

指标名称	单位	规定		检验方法
		一号	二号	
1.硬度（卡伯值）		25～40	40～60	GB1546-79
2.机械强度 在打浆度为60°SR 定量为100g/m² 时				
（1）裂断长 ≥	m	7000	7000	GB453-79
（2）耐破度 ≥	kPa	470(4.8kg/cm²)	441(4.5kg/cm²)	GB454-79
（3）撕裂度 ≥	g	120	100	GB455-79
3.尘埃度 500g绝干浆中1.5 ～3.0mm²的尘 埃度不多于	mm²	4000	5000	GB455-79
5 m²浆板中大于 3.0至5.0的尘 埃不多于		10	15	QB59-60
5 m²浆板中大于 5.0mm²的尘埃		不许有	不许有	

续表

指标名称	单位	规定		检验方法
		一号	二号	
4.水分 交货水分	%	25 10	25 10	GB462-79
用途		供制造牛皮纸、牛皮箱板纸、二号纱筒原纸、塑料衬纸等	供制造一般色装纸和纸板等	

（二）漂白硫酸盐木浆技术指标及用途

表4-4-2　　漂白硫酸盐木浆技术指标及用途

指标名称	单位	规定		检验方法
		一号	二号	
1.机械强度 打浆度为60°SR、定量为100g/m²时裂断长不低于	m	6000	5500	GB453-79
2.白度　不低于	%	80	70	GB1542-79
3.尘埃度 500g绝干浆中0.3～3.0mm²的尘埃不多于	mm²	250	500	GB1541-79
5m²浆板中大于3.0至5.0mm²的尘埃不多于	个/m²	6	10	QB59-60
5m²浆板中大于5.0mm²的尘埃		不许有	不许有	
4.水分 交货水分不大于 计算水分	%	25 10	25 10	GB462-79
用途		供制造高级印刷纸、画报纸和胶版纸等	供制造一般印刷纸和书写纸等	

（三）高纯度绝缘木浆技术指标及用途

表4-4-3　　高纯度绝缘木浆技术指标及用途

指标名称	单位	规定		试验方法
		一等品	二等品	
1.硬　度	卡伯值	30^{+2}_{-3}	$20^{+}_{-}4$	GB1546-79
2.机械强度				
在打浆度60°SR、定量100g/m²时				
裂断长　不小于	m	8500	8500	GB453-79
耐折度　不小于	次	4000	4000	GB457 79
3.灰分　不多于	%	0.25	0.30	GB742-79及QB603-81第3.3条
4.灰分中铁含量　不大于	mg/kg	40	40	GB2678.1-81
灰分中铜含量　不大于	mg/kg	10	10	GB1544-79
5.纸浆水抽出物的酸度　不大于	%	0.008	0.011	GB1545-79及QB603-81第3.4条
6.纸浆水抽出物电导率（25℃时）　不大于	$\Omega^{-1}cm^{-1}$	2.5×10^{-5}	2.5×10^{-5}	见QB603-81附录A
7.纸浆水溶性氯化物含量　不大于	mg/kg	30	40	GB2678.2-81及QB603-81第3.5条
8.苯醇抽出物含量　不大于	%	0.35	0.40	GB2677.7 81
9.尘埃度0.2～2.0mm²　不多于	mm²/500g	300	500	QB137-51
其中1.2～2.0mm²　不多于	个/m²		10	GB1541-79
10.水　分	%	12～18	20以下	GB741-79
11.计算水分	%	10	10	GB741-79
用　途		供制造8μm和8μm以上电容器纸		

（四）国内各硫酸盐木浆厂产品特征及用途实例

表4-4-4　　本色硫酸盐木浆特征及用途实例

浆种		落叶松硬浆	70%红松 30%落叶松硬浆	红白松甲种浆	红白松乙种浆	红白松落叶松种浆	马尾松硬浆	马尾松硬木 马尾松树皮浆	冷杉硬浆
浆料质量	硬度								
	卡伯值	32.7	—	—	—	30～45	60～70	—	50～75
	贝克曼值	—	138～140	130～140	<10.5	—	—	—	—
	高锰酸钾值	—	—	—	—	—	—	29～32	—
	机渣率（%）	—	<5	<2	<2	<10	<13	<5	<10
化学性能	木　素(%)	7.34	—	5.03	2.04	4.10～5.66	8.48	5.33～6.01	8～12
	聚戊糖(%)	7.74	—	7.08	6.22	7.75～8.91	8.33	12.18～13.16	7～7.5
	α-纤维素(%)	—	—	91.31	90.49	85～86.5	83.13	87.63～89.4	>90
	灰　分(%)	1.02	—	0.58	0.47	0.83	1.16		—
浆张或	打浆度(°SR)	25	26	25	25.5	20	（成纸强度）	（成纸强度）	20
	定　量(g/m^2)	79.3	81.3	80.0	78.8	80	—	—	80
	水　分（%）	7.5	6.0	6.6	5.9	—	—	—	—

续表

浆种		落叶松硬浆	70%红松 30%落叶松 硬浆	红白松甲种 硬浆	红白松乙种 软浆	红白松 落叶松 硬浆	马尾松 硬浆	马尾松原木 马尾松极皮 硬浆	过熟杉木 硬浆
成纸物理强度	裂断长（m）	7070	8850	8817	9195	>9000	>7000	3500～4000	—
	拉力（kg）	8.41	10.8	10.58	10.87	—	—	—	—
	伸长率（%）	4.68	3.9	3.66	4.03	—	—	—	—
	撕裂度(mN)	917	858	690	682	833	1235～1548	1019～1215	980～1039
		(93.6g)	(87.6g)	(70.4g)	(69.6g)	(>85g)	(126～158g)	(104～124g)	(100～106g)
	耐破度(kPa)	451	564	516	595	412	274	274～294	441～470
		(4.6kg/cm²)	(5.75kg/cm²)	(5.27kg/cm²)	(6.07kg/cm²)	(>4.2kg/cm²)	(>2.8kg/cm²)	(2.8～3.0kg/cm²)	(4.5～4.8 kg/cm²) (破裂强度 77～79)
	耐折度(双折次)	—	—	—	—	>2800	—	—	—
	浆料用途	生产纸袋纸	生产纸袋纸	生产电缆纸	生产浸渍纸	生产纸袋纸	生产纸袋纸	生产纸袋纸 牛皮纸	生产纸袋纸 牛皮纸 中性包装纸

三、针叶木浆生产流程实例

生产未漂、漂白及溶解浆流程实例

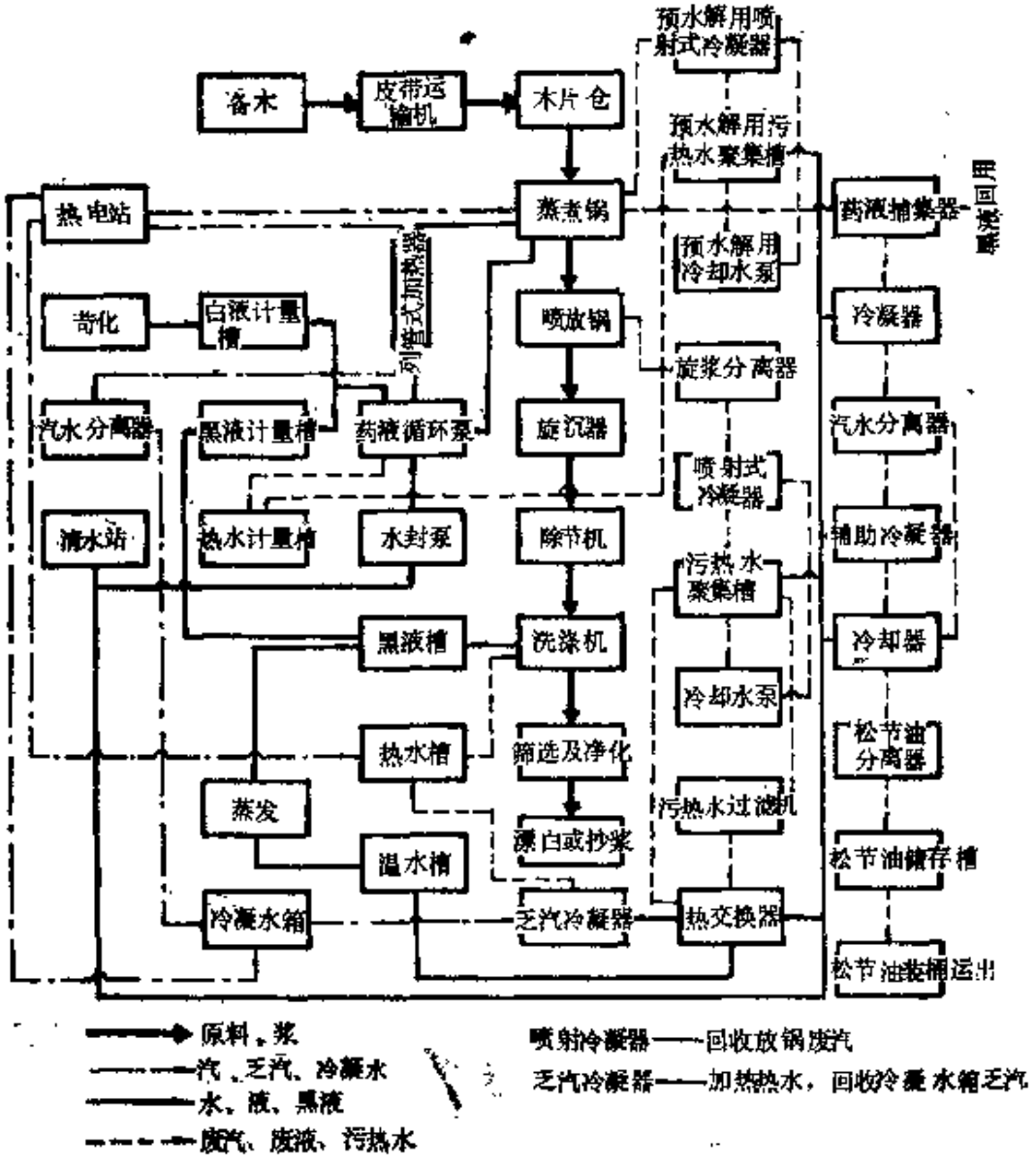


图4-4-1　针叶木硫酸盐浆生产流程

四、影响蒸煮的因素

在碱法蒸煮时影响蒸煮的因素，除了植物纤维原料品种、规格和质量外，还有工艺过程的各项条件，如碱量、药液浓度、硫化度、蒸煮温度和时间，以及添加剂的使用等。

（一）木材品种、规格与质量

1. 不同材种生产同一纸浆的蒸煮结果

红松与落叶松生产本色木浆，蒸煮结果对比见表4-4-5～4-4-9、及图4-4-1。

表4-4-5　　红松与落叶松本色木浆蒸煮结果

蒸煮条件②	蒸球		立式蒸煮锅	
	红松	落叶松	红松	落叶松
用碱量（%Na_2O）	17.0～17.24	19	/	16.9
硫化度（%）	27～30	26～32	28.8～31.6	26～32
液比	1:2.7～2.9	1:2.7	1:4.0	1:3.4
总升压时间（时:分）	1:45～1:50	1:55	3:00	3:00
保压时间（时:分）	0:45	1:00	1:00	1:00～1:10
放汽时间（时:分）	0:05	0:05	0:15	0:15
放锅时间（时:分）	0:20～0:25	0:40～1:00	0:15	0:45
装锅时间（时:分）	1:15～1:20	1:25～1:30	1:00	1:00
全程时间（时:分）	4:15～4:25	5:05～5:30	4:30	5:00～5:10
最高压力（kPa）	686(7kg/cm²)	735(7.5kg/cm²)	686(7.0kg/cm²)	686(7.0kg/cm²)
蒸煮得率（%）	47.23	37.84	/	/

① 生产试验所用的落叶松原木中，有40～50%是板皮(边材)。

② 蒸煮硬度相同。

红松与落叶松硫酸盐本色浆的质量对比，列于表4-4-6和表4-4-7。浆张强度比较，如图4-4-2所示。

表4-4-6　　红松与落叶松硫酸盐本色木浆质量对比

浆种	化学成分（%）			硬度	在打浆度20°SR时80g/m²手抄纸强度			
					耐破度（kPa）		撕裂度（mN）	
	α-纤维素①	聚戊糖	木素	（卡伯值）	范围	平均	范围	平均
红松木浆	88.98～89.94	7.19～7.63	3.87～7.68	56.5～72.4	421～566 (4.3～5.8 kg/cm²)	508 (5.18kg/ cm²)	627～901 (64～92g)	779 (79.5g)
蒸煮的落叶松木浆	91.69～93.2	7.69～8.25	4.37～5.94	29.15～49.0	444～485 (4.53～4.95 kg/cm²)	456 (4.65kg/ cm²)	1166～1323 (119～135g)	1256 (128.2g)
立式蒸煮器落叶松木浆	88.69～91.62	7.83～8.18	3.51～4.42	29.46～35.37	415～515 (4.23～5.26 kg/cm²)	469 (4.79kg/ cm²)	1163～1392 (118.7～ 142g)	1274 (130.9g)

① α-纤维素中没有去除木素。

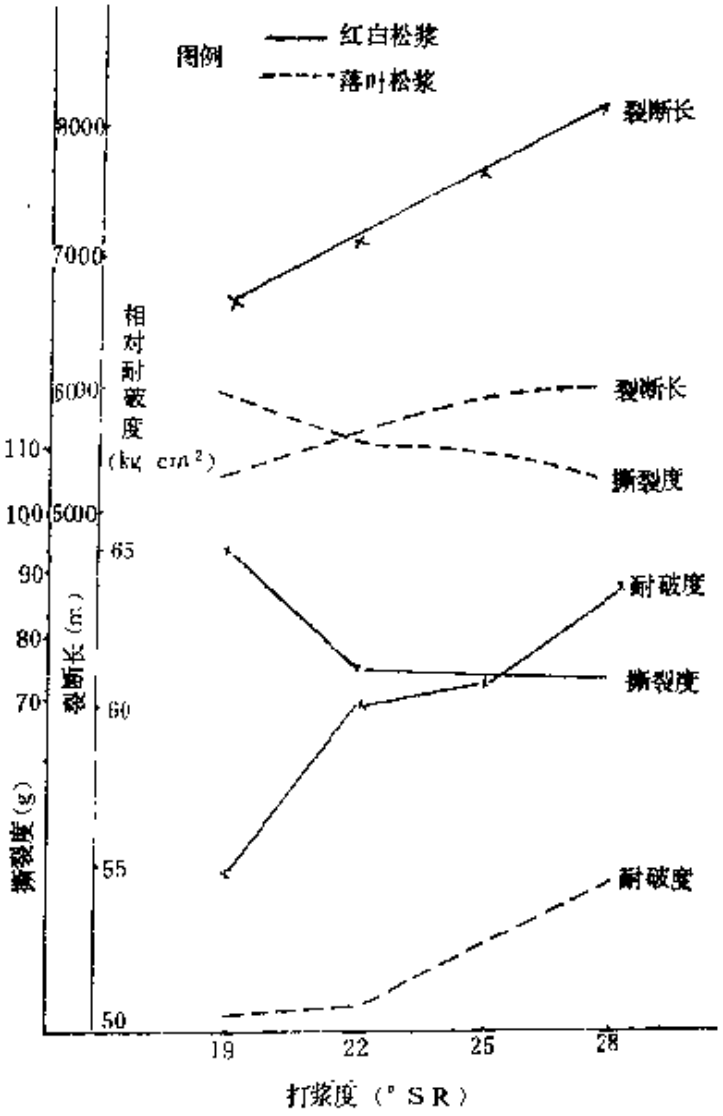


图4-4-2　红白松与落叶松浆张强度比较

表4 4-7　　红松与落叶松纸袋纸浆质量对比（生产数据）

浆种	耐破度 (kPa)		
	最大	最小	平均
落叶松木浆	294 (3.0kg/cm²)	274 (2.8kg/cm²)	289 (2.95kg/cm²)
红松木浆	363 (3.7kg/cm²)	314 (3.2kg/cm²)	337 (3.44kg/cm²)

以上试验和生产数据表明，红松与落叶松蒸煮有以下几个不同点：

① 蒸煮耗碱量落叶松高于红松。这是由于落叶松木材中含有较大量的冷水和热水抽出物，在蒸煮中多消耗了一部分活性碱。

② 蒸煮浆得率落叶松低于红松。这是因为落叶松木材的冷水和热水抽出物含量比红松高，而纤维素含量较低。

③ 纸浆撕裂度落叶松高于红松，原因是落叶松木纤维壁平均厚度较大。随着打浆度的提高，红白松浆张耐破指数和裂断长度上升，而撕裂度降低，但落叶松的撕裂度下降缓慢、幅度也较小(见图4-4-1)。

2. 不同材种用同一条件蒸煮的结果

（1）马尾松、杉木蒸煮本色浆见表4-4-8。

表4-4-8　　马尾松和杉木本色浆蒸煮对比试验

试验项目 \ 材种		福建马尾松	四川宜宾马尾松	东北佳木斯云杉	福建小口径杉木
蒸煮条件及结果	用碱量(Na_2O%)	16.0	16.0	16.0	16.0
	硫化度(%)	30	30	30	30
	液　比	1:4	1:4	1:4	1:4
	升温(时:分)	2:00	2:00	2:00	2:00
	保温(170℃)(时:分)	1:30	1:30	1:30	1:30
	硬度（高锰酸钾值）	26.8	24.9	31.0	28.8
浆分析	α-纤维素(%)	89.40	87.67	85.72	87.25
	聚戊糖(%)	12.18	13.92	11.31	14.91
	木　素(%)	6.01	5.52	9.02	/
30°SR时浆张强度	打浆时间(min)	73	67	101	78
	纤维湿重(g)	24	19.5	17.5	24
	裂断长(m)	3480	3900	5780	7980
	撕裂度(mN)	1215 (124g)	960 (98g)	1107 (113g)	931 (95g)

续表

试验项目 \ 材种		福建马尾松	四川宜宾马尾松	东北佳木斯云杉	福建小口径杉木
	耐破度(kPa)	165 (1.73kg/cm²)	229 (2.34kg/cm²)	324 (3.31kg/cm²)	479 (4.89kg/cm²)
	紧度(g/cm³)	0.427	0.445	0.520	0.525
60°SR 时浆张强度	打浆时间(min)	104	100	142	116
	纤维湿度(g)	19.2	14.2	12.1	18.5
	裂断长(m)	4240	4650	6210	8590
	撕裂度(mN)	1156 (118g)	862 (88g)	989 (101g)	745 (76g)
	耐破度(kPa)	217 (2.21kg/cm²)	280 (2.86kg/cm²)	381 (3.89kg/cm²)	516 (5.27kg/cm²)
	紧度(g/cm³)	0.451	0.481	0.534	0.540

（2）蒸煮薄型电容器纸浆见表4-4-9

表4-4-9　　东北红松和云杉蒸煮电容器纸浆试验

试验项目 \ 树种	红松	云杉	红松	云杉	红松	云杉
用碱量(Na_2O%)	22.5		22.5		22.5	
蒸煮温度(℃)	155		155		160	
液比	1:5		1:5		1:6	
硫化度(%)	29.1	30	45	45	45	45
升温时间(h)	4	4	4	4	5	5
保温时间（时:分）	3:00	3:00	3:30	2:48	3:00	2:30
硬度（卡伯值）	43.2	36.3	40	37.6	38.3	33.4
0.8%铜氨粘度(Pa·s)	0.0793	0.077	0.0743	0.0809	0.0811	0.0801
聚戊糖(%)			5.57	8.95	8.06	8.91
裂断长(m)	7100	7680	7590	7730	7710	8240

表4-4-10　　四川冷杉、云杉与东北云杉蒸煮电容器纸浆试验

试验项目 \ 材种	东北云杉	四川冷杉				四川云杉				25%冷杉 75%云杉	25%冷杉 75%云杉	75%冷杉 25%云杉
蒸煮条件及结果 材径(cm)	22～52	29	34	46.5	61.5	25.1	33.5	48	52	冷杉34，云杉33.5		
木片水分(%)	8.6	16.0	22.0	29.1	33.6	15.2	20.1	24.7	27.3	冷杉22，云杉30.1		
硫化度(%)	24.8	26	24.8	26	26	26	24.8	26	26	24.8	24.8	24.8
黑液残碱(g/l)	19.2	15.4	15.9	15.1	15.7	15.7	14.2	15.4	15.7	16.0	15.8	15.7
得率(%)	48.5	44.6	41.8	44.0	38.4	48.7	45.9	43.8	46.7	45.6	43.6	42.1
硬度（卡伯值）	35.7	42.5	39.2	41.0	56.0	37.2	41.3	36.9	39.5	43.7	38.7	42.3
粘度(Pa·S)	0.0889	0.0751	0.0639	0.0643		0.0855	0.0658	0.0712	0.0793	0.0612	0.0631	0.0616
裂断长(m)	9641	8954	9150	9623		9823	8159	9095	9375	8466	9101	9315
耐折度（双次人十）	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
最高打浆度(°SR)	96.6	96.3～96.5	96.2～96.3	95.8～96.1		96.6	96.3	96.2～96.5	96.4～96.5	96.4～96.5	96.3～96.9	96.2～96.4

蒸煮条件：用碱量23%Na_2O，液比1:6

最高蒸煮温度，160±1℃，保温时间1小时40分，升温时间3小时，升至110℃时小放汽一次

3. 同一材种因产地、部位不同所得的蒸煮结果

（1）不同产地的落叶松的化学组成及蒸煮结果，例如下表4-4-11和表4-4-12。

表4-4-11　　不同产地的落叶松的化学组成

	大兴安岭					小兴安岭				
树龄[a(年)]	165	150	150	111	85	100	288	91	162	124
径级(cm)	25	15	13	11	—	—	—	21.3	33.3	45.6
相对密度	0.487	0.583	0.493	0.458	0.500	0.520	0.440	0.520	0.456	0.529
灰分(%)	0.685	0.110	0.910	0.440	0.280	0.378	0.204	0.577	0.353	0.671
冷水抽出物(%)	6.54	6.95	14.34	8.34	—	—	—	—	—	—
热水抽出物(%)	7.74	8.34	17.33	9.41	12.87	19.56	16.72	14.47	17.65	20.31
1%NaOH抽出物(%)	21.16	17.64	28.47	18.94	23.07	28.63	25.42	24.34	25.59	28.85
苯醇抽出物(%)	2.29	2.26	2.93	2.33	3.28	1.86	4.24	2.14	3.10	4.57
纤维素(%)	46.17	43.22	39.88	43.41	39.95	36.99	37.25	42.18	39.06	39.26
聚戊糖(%)	11.16	10.79	11.38	12.50	9.04	9.53	8.56	10.72	9.69	9.83
木素(%)	27.92	26.57	24.49	26.91	26.93	24.64	27.70	28.35	26.55	24.60

表4-4-12　大兴安岭、小兴安岭落叶松制浆性能比较

项目 \ 材种	大兴安岭落叶松		小兴安岭落叶松	
用碱量（Na_2O%）	17	19	17	19
蒸解率　（%）	96.7	97.3	84.7	94.3
细浆得率　（%）	42.69	42.56	35.60	38.90
粗渣率　（%）	1.41	1.18	7.37	2.42
总得率　（%）	44.10	43.68	43.07	41.33
硬度　（卡伯值）	41.58	38.27	56.09	55.88
聚戊糖　（%）	8.38	8.44	8.12	8.46
木素　（%）	5.64	4.60	7.27	6.48
撕裂度　（mN）	49.7 （5.07g）	46.9 （4.79g）	46.3 （4.72g）	46.6 （4.75g）
耐破度　（kPa）	12838 （131kg/cm²）	12740 （130kg/cm²）	13426 （137kg/cm²）	13230 （135kg/cm²）

蒸煮条件：硫化度28～30%，液比1:3.5，升温由70℃到170℃为1.5h，中间放汽两次，第一次升温到150℃放汽到135℃，第二次由16.5℃放到150℃，在170℃保温1h。

浆料打浆至20°SR，手抄80g/m²浆张测定物理强度。

（2）不同产地马尾松的化学组成及蒸煮结果见表4-4-13、表4-4-14。

表4-4-13　不同产地的马尾松的化学组成

项目 \ 木材产地	广东南部马尾松	广东北部马尾松	福建马尾松
树龄　（a）	12	29	11～15
直径　（cm）	15	16.6	15～24
密度　（g/cm³）	0.49	0.63	0.46
积材率　（%）	25.08	49.7	33.73
灰分　（%）	0.42	0.27	0.20
冷水抽出物　（%）	1.78	2.46	0.64
热水抽出物　（%）	2.68	4.05	2.10
1%NaOH抽出物　（%）	12.67	21.57	13.88
苯醇抽出物　（%）	2.79	9.93	1.83
克贝纤维素　（%）	58.75	56.14	—
综纤维素　（%）	—	—	75.13
α-纤维素　（%）	43.10	43.37	49.70
聚戊糖　（%）	12.52	9.78	13.33
木素　（%）	26.86	24.69	26.33

表4-4-14　不同产地的马尾松蒸煮试验的结果

试验项目	木材产地	广东南部 马尾松		广东北部 马尾松		福建马尾松	
蒸煮条件及结果	用碱量 (Na_2O%)	18		18		18	
	硫化度 (%)	30		30		30	
	液比	1:5		1:5		1:5	
	最高蒸煮温度 (℃)	170		170		170	
	升温时间(70～170℃) (时:分)	2:30		2:30		2:30	
	其中110℃保温(时:分)	1:00		1:00		1:00	
	170℃保温时间(时:分)	1:00		1:00		1:00	
	蒸煮总时间 (时:分)	3:30		3:30		3:30	
	黑液残碱浓度 (g/l)	7.2		6.5		6.5	
	粗浆得率 (%)	53.4		50.1		56.6	
	蒸煮硬度 (卡伯值)	56.7		54.5		68.0	
浆及化纤学维分量析度	α-纤维素 (%)	—		—		85.87	
	聚戊糖 (%)	10.54		—		9.78	
	木素 (%)	—		—		8.39	
	纤维平均长度 (mm)	2.75		—		2.84	
	纤维平均宽度 (μm)	47.8		—		42.0	
	纤维平均长宽比 (倍)	57.6		—		67.6	
浆张物理强度	打浆度 (°SR)	16	30	16	30	16	30
	浆张定量 (g/m²)	74	79	73	75	75	74
	裂断长 (m)	7300	8500	5100	5300	7200	7800
	撕裂度 (mN)	1489 (152g)	1372 (140g)	1284 (131g)	1117 (114g)	1509 (154g)	1176 (120g)
	相对耐破度 (kPa)	686 (7.0kg/cm²)	725 (7.4kg/cm²)	412 (4.2kg/cm²)	480 (4.9kg/cm²)	627 (6.4kg/cm²)	666 (6.8kg/cm²)
	综合强度值"S"①	32.7	32.2	23.5	23.6	31.4	28.6

① 综合强度"S" = $\sqrt{\text{耐破因子} \times \text{撕裂度}}$

由上表可以看出，马尾松是一种性能变化较大的造纸原料，因产地不同，其成浆质量差距之大，在木材原料中是突出的一例。

鉴定结果认为，在同一蒸煮条件下，广东南部马尾松浆与福建马尾松浆在撕裂强度上不相上下，而在耐破度上，广东南部马尾松浆优于福建马尾松浆，在30°SR、相对耐破度分别为725kPa (7.4kg/cm²) 及666kPa(6.8kg/cm²)的情况下，两者均适宜作高强度硫酸盐木浆。广东北部马尾松由于积材率高(49.7%)，抽出物成分高，浆张强度低 (30°SR 时相对耐破度为 480kPa、4.9 kg/cm²)，故不宜作高强度硫酸盐浆。

4. 木材的腐朽程度对硫酸盐制浆的影响

木材的腐朽大体上可分成棕色腐朽和白色腐朽两类。棕色腐朽主要引起木材碳水化合物部分的降解，而白色腐朽则直接侵害了碳水化合物和木素。因此，棕色腐朽的木材，一般比优质或白色腐朽的木材具有较高含量的木素。两种类型的腐朽都会使木材变得软弱，密度减小。棕色腐朽的木材，全纤维素内α-纤维素与β-纤维素之比小于 5，而白色腐朽的木材，该值大于10。

棕色腐朽造成木材的 1 %NaOH 抽出物急剧增高。白色腐朽对 1 %NaOH抽出物有所增高。

棕色腐朽严重地降低了纤维素的聚合度，造成浆的纤维强度下降，特别是撕裂度下降。白色腐朽纤维素聚合度的下降较小，因而对成浆强度的影响也很小。

两种类型的腐朽，必然引起成浆得率的下降，特别是棕色腐朽的木材，其得率的减少更为严重。

表4-4-15列出不同腐朽度的四川杉木制浆试验结果。

由上表可以看出，马尾松是一种性能变化较大的造纸原料，因产地不同，其成浆质量差距之大，在木材原料中是突出的一例。

鉴定结果认为，在同一蒸煮条件下，广东南部马尾松浆与福建马尾松浆在撕裂强度上不相上下，而在耐破度上，广东南部马尾松浆优于福建马尾松浆。在30°SR、相对耐破度分别为725kPa（7.4kg/cm²）及666kPa(6.8kg/cm²)的情况下，两者均适宜作高强度硫酸盐木浆。广东北部马尾松由于积材率高(49.7%)，抽出物成分高，浆张强度低（30°SR时相对耐破度为480kPa、4.9kg/cm²），故不宜作高强度硫酸盐浆。

4. **木材的腐朽程度对硫酸盐制浆的影响**

木材的腐朽大体上可分成棕色腐朽和白色腐朽两类。棕色腐朽主要引起木材碳水化合物部分的降解，而白色腐朽则直接侵害了碳水化合物和木素。因此，棕色腐朽的木材，一般比优质或白色腐朽的木材具有较高含量的木素。两种类型的腐朽都会使木材变得软弱，密度减小。棕色腐朽的木材，全纤维素内α-纤维素与β-纤维素之比小于5，而白色腐朽的木材，该值大于10。

棕色腐朽造成木材的1%NaOH抽出物急剧增高。白色腐朽对1%NaOH抽出物有所增高。

棕色腐朽严重地降低了纤维素的聚合度，造成浆的纤维强度下降，特别是撕裂度下降。白色腐朽纤维素聚合度的下降较小，因而对成浆强度的影响也很小。

两种类型的腐朽，必然引起成浆得率的下降，特别是棕色腐朽的木材，其得率的减少更为严重。

表4-4-15列出不同腐朽度的四川杉木制浆试验结果。

表4-4-15　　不同腐朽度的杉木制浆试验结果

项目 \ 腐朽程度	未腐朽杉木	白色腐朽		棕色腐朽	
		脱层	白色蜂窝	半腐棕色朽	全腐棕色朽
密度 (g/cm³)	0.378	0.260	0.223	0.250	0.307
1%NaOH抽出物 (%)	15.16	19.20	23.22	51.90	55.26
用碱量 (%)	25	28	29	29	29
硫化度 (%)	20	20	20	20	20
液比	1:5	1:7	1:7	1:6	1:5
黑液残碱 (g/l)	11	11.5	11	4.5	3.2
得率 (%)	41.04	37.93	39.14	15.62	11.14
硬度（高锰酸钾值）	15.25	16.3	15.41	23.54	25.20
粗渣率 (%)	0	0.11	1.39	2.74	0
漂率（有效氯） (%)	5.92	6.6	6.02	9.87	13.11
打浆度 (°SR)	60.1	60.2	60.1	62.8	60.8
裂断长 (m)	10067	9896	8778	5230	4384

（二）木片规格尺寸

在碱法蒸煮中，木片的尺寸（特别是厚度）及尺寸的均一性是一个重要的因素，它不仅与蒸煮的参变数（如温度、蒸煮速度、用碱量等）有直接关系，而且对纸浆的硬度、得率和筛渣率均有影响。

1. 木片厚度的影响

（1）木片厚度对纸浆硬度、筛渣率的影响。Hartler和Onisko用长40mm、厚度为2、3、5和7 mm的松木心材木片作蒸煮试验，结果是：当筛选后的纸浆硬度（Roe价）一定时，筛渣率随木片厚度和蒸煮温度的提高而增高，见图4-4-3。

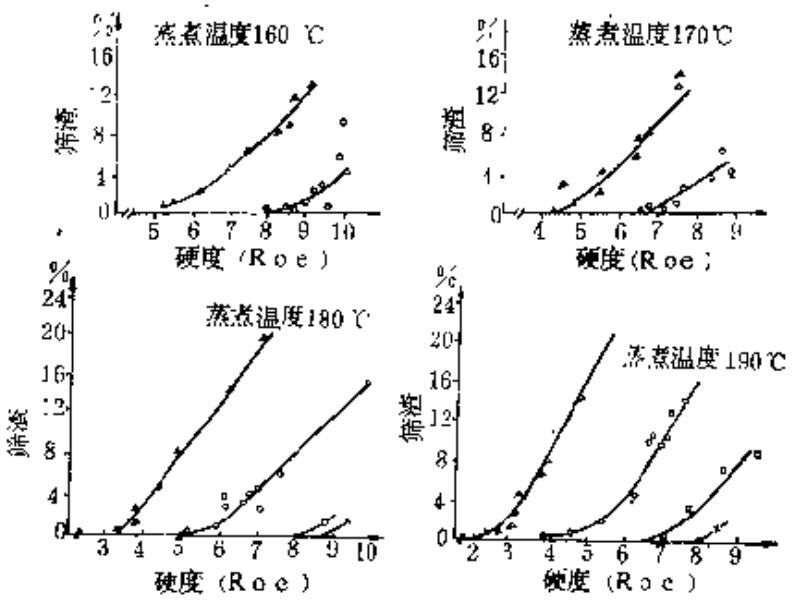


图4-4-3　松木心材在不同蒸煮最高温度和不同木片厚度时筛渣率与硬度(Roe)的关系

木片尺寸　△7×7×40mm　○5×5×40mm　□3×3×40mm　×2×2×40mm

（2）木片厚度对细浆得率的影响。图4-4-4(1)、(2)表明在同一硬度下，使用薄木片和较低的蒸煮温度时，细浆得率较高。

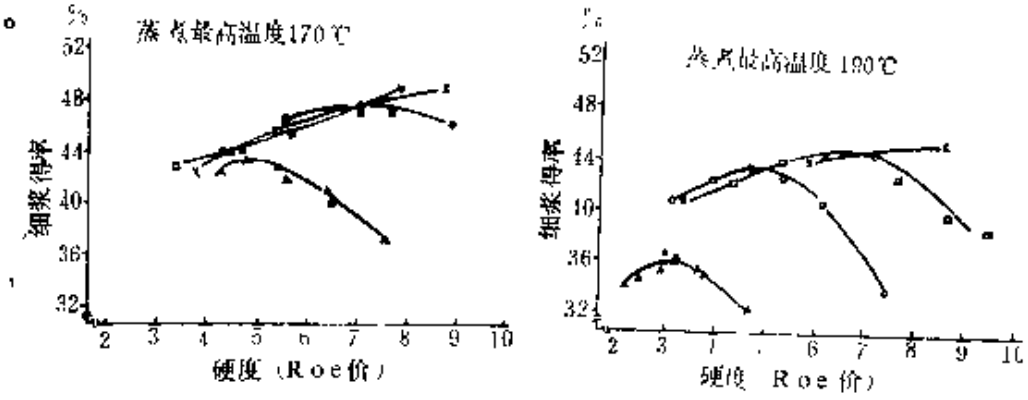


图4-4-4　不同厚度的松木心材木片蒸煮硬度(Roe)对细浆得率的关系

木片尺寸　△7×7×40mm　○5×5×40mm　□3×3×40mm　×2×2×40mm

（3）木片厚度对用碱量的影响。试验表明，在同一硬度下，用碱量随木片厚度的增加而提高。但当蒸煮温度升高(190℃)时，这个影响变得很小，见图4-4-5。

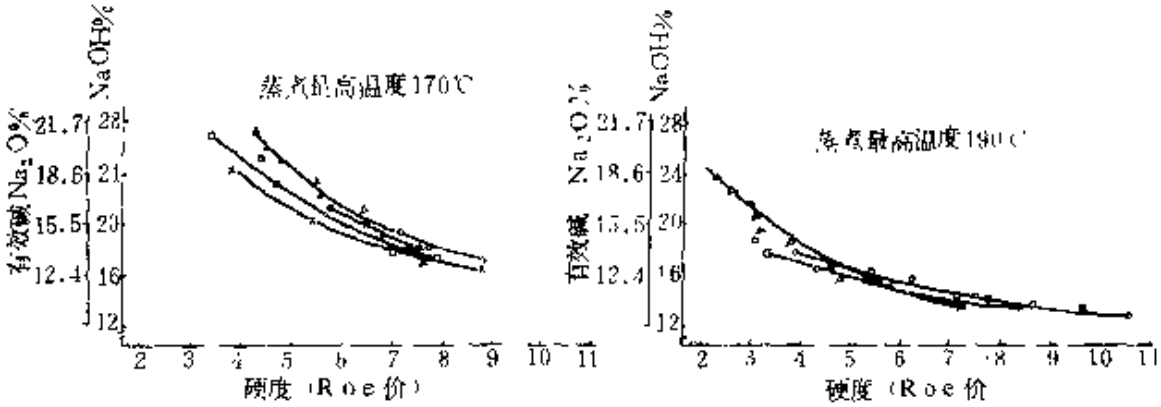


图4-4-5　不同厚度的松木心材木片达到同一硬度时所需的有效碱量

木片尺寸　△7×7×40mm　○5×5×40mm　□3×3×40mm　×2×2×40mm

（4）木片厚度与蒸煮温度的关系。表4-4-16表明：当纸浆硬度Roe价为6、筛渣率为1%时，在不同的蒸煮温度下所允许的最大木片厚度。

表4-4-16　松木心材木片厚度的最大允许值与蒸煮最高温度的关系

蒸煮最高温度（℃）	木片厚度的最大允许值（mm）
160	6.8
170	6.2
180	5.2
190	4.2

（5）木片厚度与纸浆硬度的关系。图4-4-6表明：当筛渣为1%时，在不同的蒸煮温度下，木片厚度与纸浆硬度的关系。

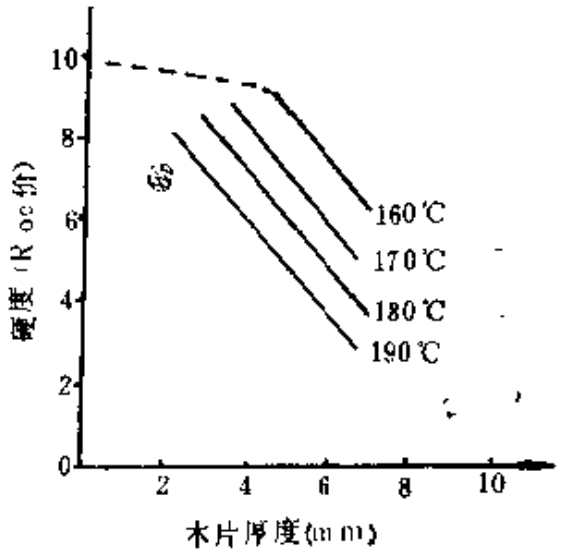


图4-1-6　木片厚度与纸浆硬度的关系

2．不同规格木片对浆质量的影响

见表4-4-17和表4-4-18。

表4-4-17　不同规格木片及不同配比木片蒸煮质量①

编号	木片规格②	粗浆强度					备注
		打浆度(°SR)	定量(g/m²)	撕裂度(g)	耐破度(kPa)	破裂强度	
1	1*大木片	30	80	82	470 (4.8kg/cm²)	70	手工抄纸
	1*木片	30	80	76	450 (4.6kg/cm²)	66	
	2*木片	30	80	70	431 (4.4kg/cm²)	59	
	3*木片	30	80	59	382 (3.9kg/cm²)	53.6	
2	1*大木片 25% 1*木片 35% 2*木片 20% 3*木片 20%	25	80	70	424 (4.33kg/cm²)	61.6	小纸机抄制
	1*大木片 35% 1*木片 35% 2*木片 20% 3*木片 10%	25	80	78	437 (4.46kg/cm²)	66	

续表

编号	木片规格②	粗蒸强度					备注
		打浆度 (°SR)	定量 (g/m²)	撕裂度 (g)	耐破度 (kPa)	破裂强度	
2	1*大木片 40% 1*木片 35% 2*木片 20% 3*木片 5%	25	80	88	450 (4.60kg/cm²)	70.8	小纸机抄制

① 蒸煮条件：杉木过熟材，用碱量16%NaOH，硫化度29%，蒸煮时间3.5h，其中686kPa (7kg/cm²) 保温45min。

② 1*大木片：通过φ25mm留在φ20mm筛孔上。1*木片：通过φ20mm留在13mm筛孔上。2*木片：通过13mm留在φ6mm筛孔上。3*木片：通过φ6mm筛孔以下的。合格木片：通过φ33mm留在φ13mm筛孔上。粗大片：留在φ33mm筛孔上。

表4-4-18 马尾松不同规格木片对牛皮浆强度影响

	浆张物理强度						
	打浆度 (°SR)	打浆时间 (min)	纤维湿重 (g)	裂断长 (m)	伸长率 (%)	撕裂度 (mN)	耐破度 (kPa)
合格片	30	64	23.1	4567	3.15	1372 (140g)	272.4 (2.78kg/cm²)
	60	89	17.2	4744	3.49	1249 (127.4g)	293.0 (2.99kg/cm²)
碎片	30	74	22.9	4694	2.39	1018 (103.9g)	210.7 (2.15kg/cm²)
	60	111	18.4	5679	2.86	963 (98.3g)	250.9 (2.56kg/cm²)

蒸煮条件：用碱量15.5%Na_2O，硫化度25%，液比，1:2，升温时间2小时，保温时间1小时40分，保温温度167～170℃，合格木片规格：长20～30mm×宽15～30mm×厚3～5mm。

由表4-4-18看出，合格片比碎片蒸煮的原浆耐破度高和撕裂度均高。

木片的规格除了对蒸煮的参变数和蒸煮的结果有直接关系以外，还对制浆过程的几个主要方面有影响：

（1）某些不规则的形状的木片（特别是弯曲的和过长的木片）对在木片仓和进料器中的流送性能很有影响，甚至可能产生“搭桥”现象。

（2）木片不同的规格和合格率，对木片的堆积密度和装锅量有影响。

（3）在间歇和连续蒸煮器中，细碎木片会使药液流动的阻力增大，且易堵塞滤网，障碍药液循环。

（三）用　碱　量

用碱量主要决定于原料的化学组成、木素的性质、原料的组织结构及所要求的脱木素程度等。蒸煮的其它条件，如木片尺寸，蒸煮温度，蒸煮时间，添加助剂量等因素也影响用碱量的大小。

实际的用碱量通常要比消耗量高10%左右，使蒸煮到达终点时有一定数量的残碱，以避免木素衍生物再沉积在纤维上。

表4-4-19至表4-4-21及图4-4-7和4-4-8均表明用碱量对蒸煮速度、得率、纸浆质量的影响。

由表4-4-19可见，在活性碱用量11.6%Na_2O时，即使在170℃延长蒸煮时间至8h，也只能制得含木素10.5%（对原料）、得率55.5%、质量差的纸浆。用碱量15.5%Na_2O在相同温度下煮两小时，可得含木素5%（对原料）、得率50.5%的纸浆。而用碱量增加到19.4%和23.3%Na_2O，仅一小时蒸煮可分别得到得率为51%（木素4.6%）和49.8%（木素3.9%）的纸浆。

表4-4-20及表4-4-21列出不同用碱量对不同落叶松蒸煮硫酸盐本色浆的影响。

表4-4-19　不同用碱量、不同蒸煮时间对纸浆性质的影响

活性碱（对绝干木材% Na_2O）	有效碱（对绝干木材% Na_2O）	总时间 (h)	木材耗碱量 (% Na_2O)	得率 (%)	对原料化学组分分析（%）					对浆化学组分分析（%）				
					木素	克-贝纤维素	α-纤维素	聚戊糖		木素	克-贝纤维素	α-纤维素	聚戊糖	
								对总的	在克-贝纤维素中				对总的	在克-贝纤维素中
〔0〕	〔0〕	〔0〕		〔100〕	〔29.8〕	〔61.7〕	〔46.1〕	〔8.7〕	〔6.8〕					
11.6	10.1	1	9.8	60.3	11.6	47.9	39.9	4.0	3.1	19.3	79.4	66.1	6.7	6.4
		2	10.0	59.0	11.5	47.4	39.4	3.6	3.1	19.5	80.4	66.8	6.1	6.5
		4	10.0	57.3	11.6	46.0	37.8	3.7	3.1	20.2	80.3	66.0	6.4	6.8
		8	10.1	55.5	10.5	44.7	37.0	3.3	2.8	18.9	80.5	66.8	5.9	6.2
15.5	13.7	1	11.9	54.8	7.6	46.2	37.2	3.6	2.9	13.9	84.3	67.9	6.5	6.2
		1	12.2	54.8	7.6	46.6	39.5	3.6	3.0	13.9	85.1	72.0	6.6	6.4
		2	12.6	50.5	5.0	45.4	38.2	3.2	2.9	9.9	89.8	75.6	6.3	6.5
		4	12.9	47.5	3.5	43.6	36.7	3.2	2.8	7.3	91.8	77.4	6.7	6.4
		8	13.2	45.6	3.0	41.7	30.7	2.9	2.5	6.6	91.6	67.3	6.4	5.9
19.4	16.9	1	13.2	51.0	4.6	46.3	39.7	3.0	2.8	9.1	90.8	77.9	5.9	6.0
		2	13.5	46.3	1.9	44.7	37.7	3.0	2.8	4.2	96.5	81.4	6.5	6.3
		4	14.7	42.7	0.8	41.8	35.6	2.5	2.1	1.8	97.9	83.3	5.8	5.9
		8	15.3	40.1	0.2	39.4	34.6	2.5	2.1	0.5	98.2	86.2	6.2	5.4

续表

活性碱（对绝干木材% Na_2O）	有效碱（对绝干木材% Na_2O）	总时间 (h)	木材耗碱量 (% Na_2O)	得率 (%)	对原料化学组分分析（%）					对浆化学组分分析（%）				
					木素	克-贝纤维素	α-纤维素	聚戊糖		木素	克-贝纤维素	α-纤维素	聚戊糖	
								对总的	在克-贝纤维素中				对总的	在克-贝纤维素中
23.3	20.3	1	13.2	49.8	3.9	45.8	41.9	2.8	2.5	7.9	92.0	84.1	5.7	5.4
		2	14.3	45.0	1.4	43.8	40.2	2.4	2.4	3.2	97.4	89.3	5.3	5.6
		4	15.4	41.2	0.4	40.4	33.8	2.1	2.2	1.0	98.0	82.0	5.0	5.4
		4	16.0	41.2	0.3	40.8	34.7	2.1	2.0	0.8	99.0	84.2	5.1	5.0
		8	17.0	37.3	0.1	36.9	30.7	1.8	1.7	0.2	99.1	82.3	4.8	4.6
31.0	27.1	1	13.6	49.2	2.9	46.3	40.0	2.3	2.0	5.8	94.2	81.3	4.6	4.4
		2	15.5	43.5	1.0	42.5	36.6	2.2	2.0	2.2	97.6	84.0	5.1	4.8
		4	16.6	39.7	0.3	38.8	33.5	1.8	1.7	0.7	97.6	84.2	4.5	4.5
		8	18.4	33.9	0.1	33.5	26.9	1.3	1.2	0.4	98.8	79.4	3.7	3.6
46.6	40.7	1	13.9	46.5	2.4	43.8	40.2	1.9	1.7	5.2	94.2	86.4	4.0	3.8
		2	15.5	42.2	0.3	41.1	35.8	1.6	1.6	0.8	97.3	84.9	3.9	3.8
		4	16.7	38.2	0.2	37.7	32.4	1.5	1.3	0.5	98.6	84.8	3.8	3.6
		8	19.2	32.9	0.2	32.6	26.0	1.2	1.0	0.5	99.2	79.0	3.5	3.1

原料：花旗松锯末（40～60目）；活性碱浓度46.8g/l Na_2O；有效碱浓度40.9g/l Na_2O，硫化度25.4%，最高温度170℃，升温时间18～24min

表4-4-20　　大兴安岭落叶松制纸袋纸浆、不同用碱量蒸煮的结果

用碱量 (%Na_2O)	浆硬度 (卡伯值)	浆的得率(%)				浆化学分析		浆张物理强度	
		蒸解率	细浆	筛渣	总得率	聚戊糖 (%)	木素 (%)	撕裂度 (mN)	耐破度 (kPa)
17	41.58	96.7	42.69	1.41	44.10	8.38	5.64	1284 (131g)	497 (5.07kg/cm²)
19	38.27	97.3	42.50	1.18	43.68	8.44	4.60	1274 (130g)	469 (4.79kg/cm²)
21	33.29	97.7	41.18	0.98	43.16	7.91	4.12	1294 (132g)	467 (4.66kg/cm²)

蒸煮条件：硫化度30%，浴比1:3.5；最高蒸煮温度170℃，升温70→170℃1.5h，其中升温至150℃时放汽到135℃，第二次放汽由165℃至150℃，保温1h

由表4-4-20可见，采用较低的用碱量对纸浆的物理强度有利。

表4-4-21　　不同活性碱用量对具有不同水抽出物的远东落叶松蒸煮的结果

木材中水抽出物(%)	活性碱(Na_2O%)	硬度(贝克曼价)	得率(%)	聚戊糖(%)	木素(%)	打浆度(°SR)	裂断长(m)	伸长率(%)	耐折度(双折次)
5.3	23	121	42.1	3.8	5.2	60	10215	3.1	6801
	24	119	41.2	3.5	4.8	60	10120	3.0	6600
	26	105	40.0	3.0	3.5	61	10105	3.0	6300
	29	84	38.5	2.8	2.4	60	9800	3.0	6200
	32	83	38.0	2.6	2.0	60	9500	2.9	5800
	36	69	35.5	2.0	1.9	61	9305	2.9	5300
12.2	23	126	41.2	5.1	6.0	60	9805	3.5	5200
	24	122	40.3	4.8	5.3	61	9701	3.2	4800
	26	110	38.9	4.3	3.9	60	9650	3.1	4580
	29	86	37.3	3.8	2.7	61	9300	3.0	4350
	32	85	36.5	3.5	2.6	60	9200	2.9	4200
	36	72	35.0	3.0	2.5	60	9100	2.9	4100
16.3	23	128	40.2	6.9	7.1	60	10129	3.5	5400
	24	124	39.5	6.8	6.2	61	10050	3.2	5250
	26	115	38.1	6.2	4.8	60	10005	3.1	5150
	29	95	36	5.2	3.6	61	9803	3.0	4980
	32	94	33.5	4.9	3.0	60	9795	3.0	4850
	36	81	32.2	3.9	2.5	61	9540	3.0	4555

条件：远东落叶松；硫化度25%；液比1:8；升温至175℃，3h；最高温度173℃，保温2h。

由表4-4-21可见，水抽出物含量高的落叶松木，纸浆的硬度及其所含的木素和聚戊糖也较高。

图4-4-7和图4-4-8分别显示出花旗松硫酸盐蒸煮中，用碱量对纸浆得率的影响以及用碱量与纸浆性质的关系。

从图4-4-7可看出：在有效碱用量约12%，硫化度33.9%时，细浆得率最高，有效碱用量进一步提高到近23%，细浆得率实际上保持恒定。

图4-4-8表明，有效碱用量在16%以上时，虽然木素含量继续下降，但未漂浆白度或部分漂白的浆样的白度并没有提高。

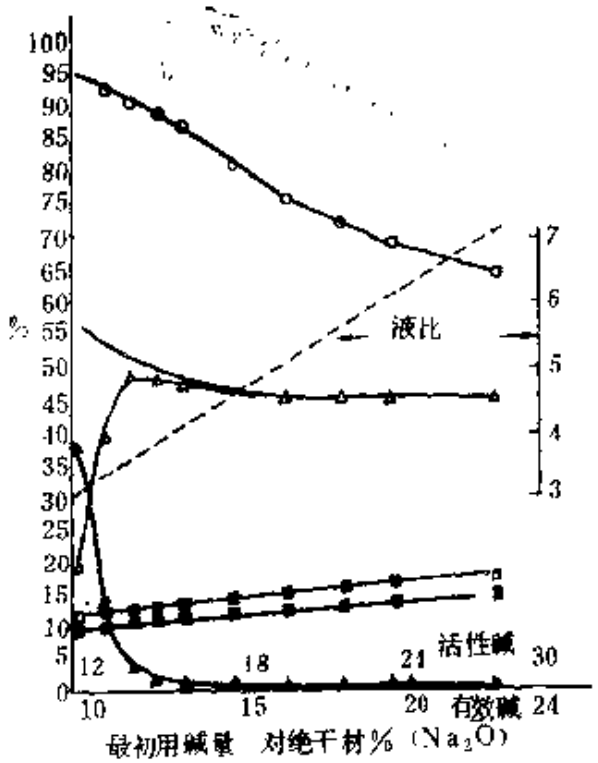


图4-4-7 花旗松硫酸盐蒸煮用碱量对纸浆得率及耗碱量的影响

蒸煮条件：最高温度170°C，升温1.5h，保温1.5h

○碱消耗对总加入量的% ●浆的总得率% △细浆得率% ▲筛渣% □活性碱消耗%（对绝干木材）■有效碱消耗%（对绝干木材）

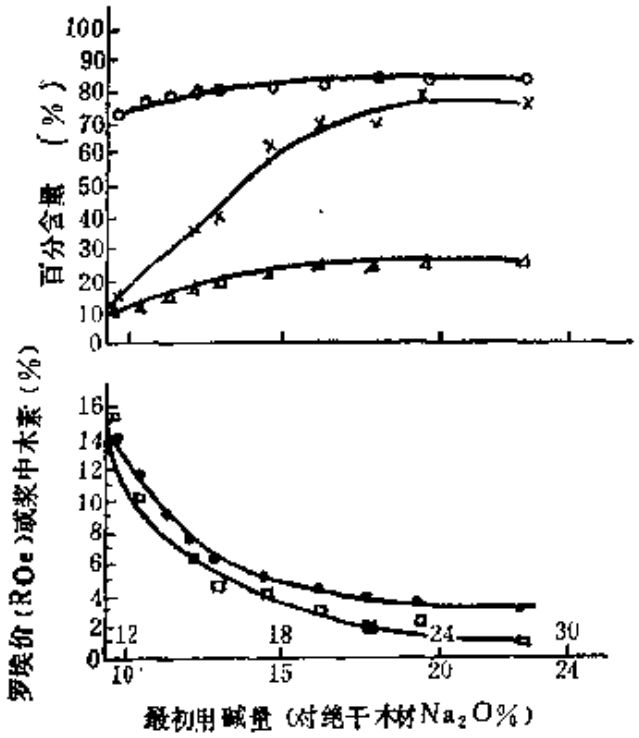


图4-4-8　花旗松硫酸盐蒸煮中，用碱量对纸浆性质的影响

○纸浆中α-纤维素含量%　×纸浆白度(部分漂白)

△未漂浆白度 ●纸浆硬度(Roe价)　□纸浆中木素含量%

（四）蒸煮药液浓度（液比）

药液浓度通常是指蒸煮最初活性碱浓度，它是决定蒸煮反应速度的重要因素。

1. 药液浓度与蒸煮时间的关系

如图4-4-9所示，火炬松烧碱法蒸煮固定用碱量30%(NaOH)，变更液比，使蒸煮药液浓度由 30g/l 提高到 60g/l 再提高到90g/l (NaOH)，在得率保持不变时，蒸煮时间大约可以缩短一半。

2. 药液浓度对纸浆性质的影响

表4-4-22列出了不同的蒸煮液浓度对纸浆得率及化学组成的影响。

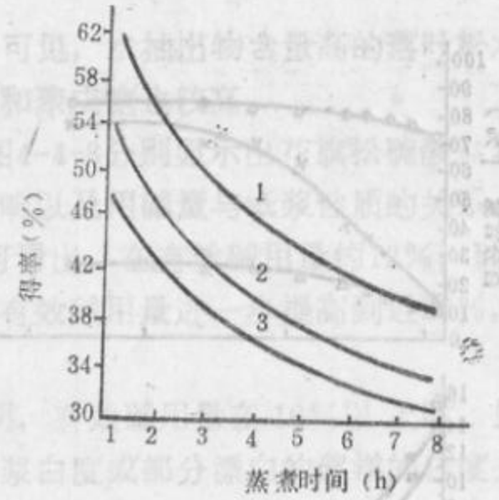


图4-4-9　蒸煮液浓度和蒸煮时间的关系

1-30g/l NaOH　2-60g/l NaOH　3-90g/l NaOH

表4-4-22　蒸煮液浓度对纸浆得率及化学组成的影响

编　号			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
有效碱浓度(Na_2O)		(g/l)	13.5		27.0		54.0		81.0		135	
有效碱用量(Na_2O)		(%)	20.3								40.7	
蒸煮时间		(h)	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
得率		(%)	57.0	53.3	47.1	43.5	43.7	40.5	42	37.4	28.6	20.2
对绝干木材 (%)	木素	(%)	9.6	7.2	2.2	0.8	0.9	0.4	0.5	0.5	0.1	0.1
	碳水化合物	(%)	46.4	45.3	44.6	43.1	42.5	39.9	41	37	28.4	20.2
	α-纤维素	(%)	39.6	39.1	38.8	36.6	36.5	33.5	32.9	26.3	15.9	9.8
	碳水化合物	(%)	3.8	3.5	3.1	2.6	2.4	2.0	2.4	1.8	0.8	—
	中戊糖含量	(%)	2.9	2.9	3.2	2.6	2.1	2.1	2.1	1.8	0.7	0.4
对绝干浆 (%)	木素	(%)	16.8	13.5	4.6	1.3	2.1	1.1	1.2	1.3	0.4	0.3
	碳水化合物	(%)	81.4	85	94.7	99.1	97.3	98.6	97.5	99	99.2	99.7
	α-纤维素	(%)	69.5	73.4	82.3	84.2	83.5	82.8	78.2	70.2	55.6	48.2
	碳水化合物	(%)	6.6	6.5	6.5	5.9	5.0	4.9	5.7	4.9	2.9	—
	中戊糖含量	(%)	6.3	6.4	6.8	6.0	5.0	5.1	5.1	4.9	2.6	1.9

原料：花旗松锯末　蒸煮液硫化度25.4%

由表4-4-22可看出：

① 当蒸煮液浓度很低时(13.5g/l Na_2O)，蒸煮时间由2h延长至4h，木素脱除率仅由67.7%提高到75.8%(编号1和2)。

② 当蒸煮液浓度加倍(27g/l Na_2O)，用碱量不变，而蒸煮时间缩短一半(即2h)，木素脱除率由75.8%迅速提高到92.6%，碳水化合物则变化不大(编号3)。

③ 在高用碱量和高浓度下蒸煮(编号9和10)，碳水化合物得率剧烈下降，表明纤维素发生严重的降解作用。

表4-4-23为落叶松硫酸盐蒸煮，不同液比对纸浆质量的影响。

表4-4-23　不同液比蒸煮落叶松对纸浆质量的影响

(蒸煮条件：活性碱17%，硫化度30%，最高温度170℃，由70至170℃升温1.5h，其中放汽两次，保温1h)

液比	硬度(卡伯价)	浆的得率(%)				浆化学分析		浆张物理强度	
		蒸解率	细浆	筛渣	总得率	聚戊糖(%)	木素(%)	撕裂度(mN)	耐破度(kPa)
1:30	36.09	96.14	43.25	1.73	44.98	8.35	5.14	1284 (131g)	411 (4.91kg/cm²)
1:3.5	41.58	96.70	42.69	1.41	44.10	8.38	5.64	1284 (131g)	497 (5.07kg/cm²)
1:4.0	48.63	95.00	43.65	2.31	45.95	8.93	6.46	1274 (130g)	470 (4.80kg/cm²)
1:4.0①	42.44	95.50	43.73	1.57	45.30	8.66	5.79	1411 (144g)	514 (5.24kg/cm²)

① 蒸煮条件：升温至145℃50分，放汽到135℃20分，继续升温到170℃1小时50分，保温1小时，其余条件相同。

由上表可以看出，缓和的蒸煮条件对浆的物理强度有利。

表4-4-24列出红松木制电容器纸浆时，药液浓度及液比对成浆质量的影响。试验采用两种方法，一种是固定碱液浓度，改变用碱量以改变液比，另一组是固定用碱量，改变碱液浓度以改变液比。

由表4-4-22可看出：

① 当蒸煮液浓度很低时(13.5g/l Na_2O)，蒸煮时间由2h延长至4h，木素脱除率仅由67.7%提高到75.8%(编号1和12)。

② 当蒸煮液浓度加倍(27g/l Na_2O)，用碱量不变，而蒸煮时间缩短一半(即2h)，木素脱除率由75.8%迅速提高到92.6%，碳水化合物则变化不大(编号3)。

③ 在高用碱量和高浓度下蒸煮(编号9和10)，碳水化合物得率剧烈下降，表明纤维素发生严重的降解作用。

表4-4-23为落叶松硫酸盐蒸煮，不同液比对纸浆质量的影响。

表4-4-23 不同液比蒸煮落叶松对纸浆质量的影响

(蒸煮条件：活性碱17%，硫化度30%，最高温度170℃，由70至170℃升温1.5h，其中放汽两次，保温1h)

液比	硬度(卡伯价)	浆的得率(%)				浆化学分析		浆张物理强度	
		蒸解率	细浆	筛渣	总得率	聚戊糖(%)	木素(%)	撕裂度(mN)	耐破度(kPa)
1:3.0	36.09	96.14	43.25	1.73	44.98	8.35	5.14	1284 (131g)	411 (4.91kg/cm²)
1:3.5	41.58	96.70	42.69	1.41	44.10	8.38	5.64	1284 (131g)	497 (5.07kg/cm²)
1:4.0	48.63	95.00	43.65	2.31	45.95	8.93	6.46	1274 (130g)	470 (4.80kg/cm²)
1:4.0①	42.44	95.50	43.73	1.57	45.30	8.66	5.79	1411 (144g)	514 (5.24kg/cm²)

① 蒸煮条件，升温至145℃50分，放汽到135℃20分，继续升温到170℃1小时50分，保温1小时，其余条件相同。

由上表可以看出，缓和的蒸煮条件对浆的物理强度有利。

表4-4-24列出红松木制电容器纸浆时，药液浓度及液比对成浆质量的影响。试验采用两种方法，一种是固定碱液浓度，改变用碱量以改变液比，另一组是固定用碱量，改变碱液浓度以改变液比。

图4-4-10是蒸煮用不同液比对电容器纸浆成浆打浆曲线的影响。

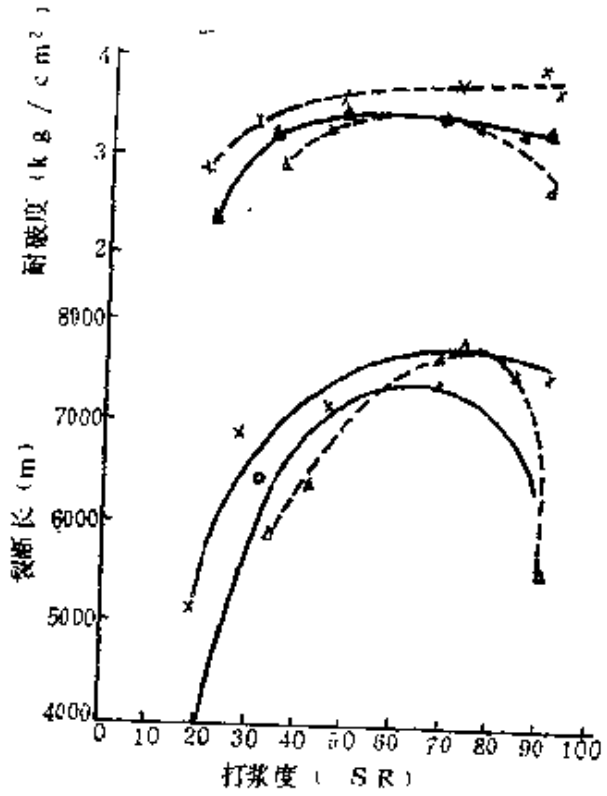


图4-4-10 不同液比对成浆打浆曲线的影响

▲-液比1:5 ×-液比1:6 ∠-液比1:4

表4-4-24 不同液比蒸煮红松对电容器纸浆性质的影响

	固定碱液浓度			固定用碱量		
原料	红松			红松		
浆种	电容器纸浆			电容器纸浆		
液比	1:4	1:5	1:6	1:4	1:5	1:6
蒸煮最初碱液浓度 (g/l)	45	45	45	56.3	45	37.5
用碱量 (Na_2O) (%)	18	22.5	27	22.5	22.5	22.5
硫化度 (%)	29.1	31.5	29.1	29.1	31.5	29.1
蒸煮最高温度 (℃)	160	160	160	160	160	160
升温时间 (时:分)	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00
保温时间 (时:分)	4:00	2:30	2:30	2:00	2:30	3:00

续表

	固定碱液浓度			固定用碱量		
原料	红松			红松		
浆种	电容器纸浆			电容器纸浆		
成浆硬度 (卡伯值)	39.9	32.5	32.7	36.8	32.5	37.7
成浆粘度 (Pa·s)	561×10^{-4}	627×10^{-4}	638×10^{-4}	585×10^{-4}	627×10^{-4}	789×10^{-4}
粘度与卡伯值比值	14.1	19.3	19.5	15.9	19.3	20.9
浆张裂断长 (m)	7310	6830	7210	7040	6830	7300
纤维均一性 (%)	—	16	22	32	16	6
最高打浆度 (°SR)	—	96.5	96.1	96.4	96.5	96.4

由表4-4-24和图4-4-10可看出：

（1）在不少于一定用碱量的情况下，蒸煮电容器纸浆，降低蒸煮最初碱液浓度，能缓和碱液对纤维的破坏作用，提高成浆粘度、强度、耐磨性能和纤维均一性。

（2）固定蒸煮液最初碱液浓度，改变液比，当液比由1:4增大到1:5时，对成浆质量的破坏程度减低，但液比继续增大到1:6，粘度与卡伯值的比值和裂断长提高很少，裂断长和耐破度曲线(见图4-4-10)也略高，但最高打浆度稍有下降和纤维均一性差。由此可见，在蒸煮最初碱液浓度不变的情况下，增大液比，只有在一定范围内对成浆质量有好处，但效果并不十分显著。

表4-4-25是用东北云杉制薄型电容器纸浆时，蒸煮液比的影响(生产试验数据)。

表4-4-25　　蒸煮薄型电容器纸浆液比的影响

用碱量	(Na_2O%)	23	23	23
硫化度	(%)	30	30	60
液比		1:3	1:3.5	1:4
蒸煮最初碱液浓度	(g/l)	76.7	65.8	57.5
成浆硬度	(卡伯值)	27.8	31.9	35.7
成浆粘度	(Pas)	539×10^{-4}	715×10^{-4}	1083×10^{-4}
浆张裂断长	(m)	6770	7430	8960
纤维均一性	(%)	19	13	8
最高打浆度	(°SR)	94.4	95.1	97.1

原料：东北云杉，蒸煮设备：$8m^3$球

3. 在选择液比或药液浓度时应考虑的因素

一般应从以下几方面考虑：

蒸煮的条件和要求	液比	蒸煮的条件和要求	液比
要求蒸煮速度：		原料状况：	
快速	较小	结构紧密（木、竹）	较小
中、慢速	较大	结构疏松（草类）	较大
设备条件：		要求纸浆质量：	
立锅（间接加热）	较大	α-纤维素高、物理强度大	较大
立锅（直接加热）	较小	一般等级	较小
蒸球	较小	使用蒸汽的性质：	
连续蒸煮（汽相）	较小	（指直接加热时）	
连续蒸煮（液相）	较大	过热蒸汽	较大
		饱和蒸汽	较小

（五）硫　化　度

Na_2S在碱法蒸煮液中水解为SH^-及OH^-，由于SH^-能与木素的结构单元反应形成环硫化物而促使β-芳基醚联接断裂，因此，硫酸盐法比烧碱法有较快的脱木素速度。因此蒸煮液中硫化度的大小，对蒸煮速度、纸浆得率和纸浆质量均有很大影响。

1. 硫化度对脱木素速度的影响

图4-4-11及图4-4-12为云杉木片蒸煮硫化度对脱木素的影响。

从图4-4-11看出，在三个温度条件下，硫化度从0增至15.6%时，脱木素速度均有很大变化；但硫化度从15.6%到31%，则变化大为减缓。

表4-4-26所列数据是从图4-4-11中选择的四组数据，是为了说明在纸浆得率很接近的情况下，硫化度从0增至31%时对蒸煮时间及纸浆木素含量的影响。

表4-4-26　硫化度对蒸煮时间和纸浆中木素含量的影响

蒸煮时间（h）	硫化度（%）	有效碱 Na_2O（%对绝干木材）	NaSH以Na_2O计（%对绝干木材）	得率（%）	纸浆中木素含量（%对绝干木材）
10	0	18.75	0	48.8	5.0
7	5.26	18.25	0.5	49.1	5.0
6	15.6	16.29	1.46	49.0	3.4
5.5	31.0	15.85	2.9	49.3	3.1

原料：云杉木片，木素含量29.2%

蒸煮条件：活性碱18.75%Na_2O，碱液浓度31.2g/l，最高温度160℃，升温2h，液比1:6

从表4-4-26看出，在纸浆得率很接近的情况下，硫化度从0增至5.26%，纸浆木素含量同为5%，蒸煮时间缩短30%；硫化度再增至15.6%和31%，蒸煮时间和木素含量均进一步降低。

2. 硫化度对纸浆性质的影响

（1）硫化度对红松制本色浆的影响，生产试验结果列于表4-4-27。

从表4-4-27可看出：

① 随着硫化度和用碱量的适量增加，纸浆中木素含量减少，聚戊糖和α-纤维素均有增加。当硫化度为33%，活性碱量15%Na_2O时，浆中苯醇抽出物（树脂分）含量较少，在大生产中，泡沫也显著减少，纸机生产正常。

表4-4-26所列数据是从图4-4-11中选择的四组数据，是为了说明在纸浆得率很接近的情况下，硫化度从0增至31%时对蒸煮时间及纸浆木素含量的影响。

表4-4-26　　硫化度对蒸煮时间和纸浆中木素含量的影响

蒸煮时间 (h)	硫化度 (%)	有效碱 Na_2O (%对绝干木材)	NaSH以Na_2O计 (%对绝干木材)	得　率 (%)	纸浆中木素含量 (%对绝干木材)
10	0	18.75	0	48.8	5.0
7	5.26	18.25	0.5	49.1	5.0
6	15.6	16.29	1.46	49.0	3.4
5.5	31.0	15.85	2.9	49.3	3.1

原料：云杉木片，木素含量29.2%

蒸煮条件：活性碱18.75%Na_2O，碱液浓度31.2g/l，最高温度160℃，升温2 h，液比1:6

从表4-4-26看出，在纸浆得率很接近的情况下，硫化度从0增至5.26%，纸浆木素含量同为5%，蒸煮时间缩短30%；硫化度再增至15.6%和31%，蒸煮时间和木素含量均进一步降低。

2．硫化度对纸浆性质的影响

（1）硫化度对红松制本色浆的影响，生产试验结果列于表4-4-27。

从表4-4-27可看出：

① 随着硫化度和用碱量的适量增加，纸浆中木素含量减少，聚戊糖和α-纤维素均有增加。当硫化度为33%，活性碱量15%Na_2O时，浆中苯醇抽出物(树脂分)含量较少，在大生产中，泡沫也显著减少，纸机生产正常。

表4-4-27　　硫化度与用碱量对红松蒸煮纸

	试验编号		1	2	3	4
	试验锅数		43	86	73	33
蒸煮条件及结果	硫化度	(%)	16	20	24	29
	活性碱用量（Na_2O对绝干木片）		14.2	14.2	14.2	14.2
	蒸解率②	(%)	94.36	94.86	93.52	93.50
	粗渣率	(%)	3.54	5.32	4.74	6.63
	硬度（贝克曼值）		137.0	137.3	137.0	137.0
纸浆化学性质	α-纤维素	(%)	82.25	82.45	82.50	80.24
	聚戊糖	(%)	5.54	5.64	5.65	5.52
	木素	(%)	7.62	7.18	6.40	7.52
	苯醇抽出物	(%)	0.38	0.48	0.69	1.13
	灰分	(%)	0.78	0.83	0.74	0.95
纸浆物理性质	打浆度	(°SR)	60	60	60	60
	打浆时间	(min)	200	200	205	220
	裂断长	(m)	8074	9450	9654	9712
	撕裂度	(mN)	988 (100.8g)	1058 (108g)	1080 (110.2g)	936 (95.5g)
	耐破度	(kPa)	504 (5.14kg/cm²)	582 (5.94kg/cm²)	570 (5.82kg/cm²)	642 (6.55kg/cm²)
	耐破指数③		5.29	6.33	6.07	6.70
	耐折度	(次)	1014	1855	1585	2123
纸浆纤维长度及均整度	纤维平均长度	(mm)	2.862	2.975	3.162	2.852
	1毫米以下占	(%)	6.0	6.5	4.0	2.5
	1～2毫米占	(%)	21.0	18.5	45.0	49.0
	2～3毫米占	(%)	23.0	20.5	31.0	34.0
	3～4毫米	(%)	31.1	31.0	18.0	13.5
	4～5毫米	(%)	16.6	19.5	2.0	1.0
	5毫米以上	(%)				

① 各项数据系平均值；② 蒸解率高表示纸浆得率高；③ 耐破指数 = $\frac{\text{耐破度}}{\text{定量}}$

时间1 h

表4-4-27　　硫化度与用碱量对红松蒸煮纸

	试验编号		1	2	3	4
	试验锅数		43	86	73	33
蒸煮条件及结果	硫化度	(%)	16	20	24	29
	活性碱用量（Na_2O对绝干木片）		14.2	14.2	14.2	14.2
	蒸解率②	(%)	94.36	94.86	93.52	93.50
	粗渣率	(%)	3.54	5.32	4.74	6.63
	硬度（贝克曼值）		137.0	137.3	137.0	137.0
纸浆化学性质	α-纤维素	(%)	82.25	82.45	82.50	80.24
	聚戊糖	(%)	5.54	5.64	5.65	5.52
	木素	(%)	7.52	7.18	6.40	7.52
	苯醇抽出物	(%)	0.38	0.48	0.69	1.13
	灰分	(%)	0.78	0.83	0.74	0.95
纸浆物理性质	打浆度	(°SR)	60	60	60	60
	打浆时间	(min)	200	200	205	220
	裂断长	(m)	8074	9450	9654	9712
	撕裂度	(mN)	988 (100.8g)	1058 (108g)	1080 (110.2g)	936 (95.5g)
	耐破度	(kPa)	504 (5.14kg/cm²)	582 (5.94kg/cm²)	570 (5.82kg/cm²)	642 (6.55kg/cm²)
	耐破指数③		5.29	6.33	6.07	6.70
	耐折度	(次)	1014	1855	1585	2123
纸浆纤维长度及均整度	纤维平均长度	(mm)	2.862	2.975	3.162	2.852
	1毫米以下占	(%)	6.0	6.5	4.0	2.5
	1～2毫米占	(%)	21.0	18.5	45.0	49.0
	2～3毫米占	(%)	23.0	20.5	31.0	34.0
	3～4毫米	(%)	31.1	31.0	18.0	13.5
	4～5毫米	(%)	16.6	19.5	2.0	1.0
	5毫米以上	(%)				

① 各项数据系平均值；② 蒸解率高表示纸浆得率高；③ 耐破指数 = $\frac{\text{耐破度}}{\text{定量}}$

时间1 h

袋纸浆的影响（生产试验）①

5	6	7	8	9	10	11	12
114	78	32	46	65	39	36	47
29	33	27	29	33	27	29	33
14.6	14.6	14.8	14.8	14.8	15.0	15.0	15.0
95.00	94.29	96.5	96.27	94.4	96.0	97.48	96.17
3.34	3.63	2.44	3.88	3.51	3.52	2.72	2.37
137.0	137.0	137.3	137.6	136.8	137.3	137.6	136.6
82.12	83.57	83.60	83.25	82.93	83.99	83.52	83.66
5.44	5.73	6.03	5.68	5.83	6.19	5.75	5.86
6.10	6.20	6.30	6.00	6.24	5.74	5.64	5.71
0.59	0.40	0.56	0.24	0.28	0.36	0.41	0.45
0.92	0.66	0.85	0.76	0.78	0.76	0.79	0.81
60	60	60	60	60	60	60	60
215	221	212	210	210	198	199	208
9934	9586	9375	10350	9747	9986	10080	10700
1058 (108g)	1049 (109g)	907 (92.5g)	1000 (102g)	1005 (102.5g)	921 (94g)	975 (99.5g)	956 (97.5g)
556 (6.70kg/cm²)	662 (6.76kg/cm²)	595 (6.09kg/cm²)	688 (6.97kg/cm²)	704 (7.18kg/cm²)	625 (6.38kg/cm²)	604 (6.16kg/cm²)	692 (7.06kg/cm²)
6.75	6.81	6.12	7.11	7.02	6.47	6.30	7.24
2474	3357	2847	2923	3813	2664	3608	2935
3.045	2.910	2.95	2.71	2.50	3.14	2.89	2.61
5.0	3.0	1.05	7.5	4.5	1.0	11.0	0.56
53.0	45.0	52.5	46.5	43.5	35.7	40.0	35.0
26.0	44.0	31.0	34.0	39.5	50.5	26.0	51.1
14.0	5.0	4.5	11.0	11.0	11.7	15.0	11.1
2.0	3.0	1.5	1.0	1.5	1.0	8.0	2.2

蒸煮条件：液比：1:3.5；升温2.5h，蒸煮最高压力735kPa (7.5kg/cm²)，保温

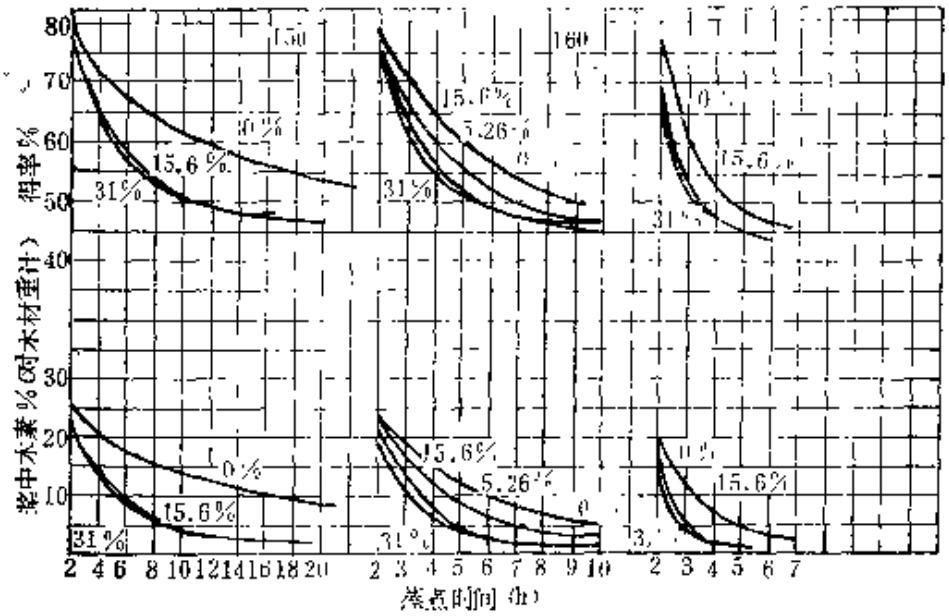


图 4-4-11　硫化度对蒸煮时间、纸浆得率、纸浆中木素含量的影响

试验条件：云杉木片，木素含量29.2%；活性碱，用量18.75%Na_2O，药液浓度31.2g/l(Na_2O)；液比1:6；升温时间2h，最高温度150°C、160°C、170°C；硫化度由0～31%。

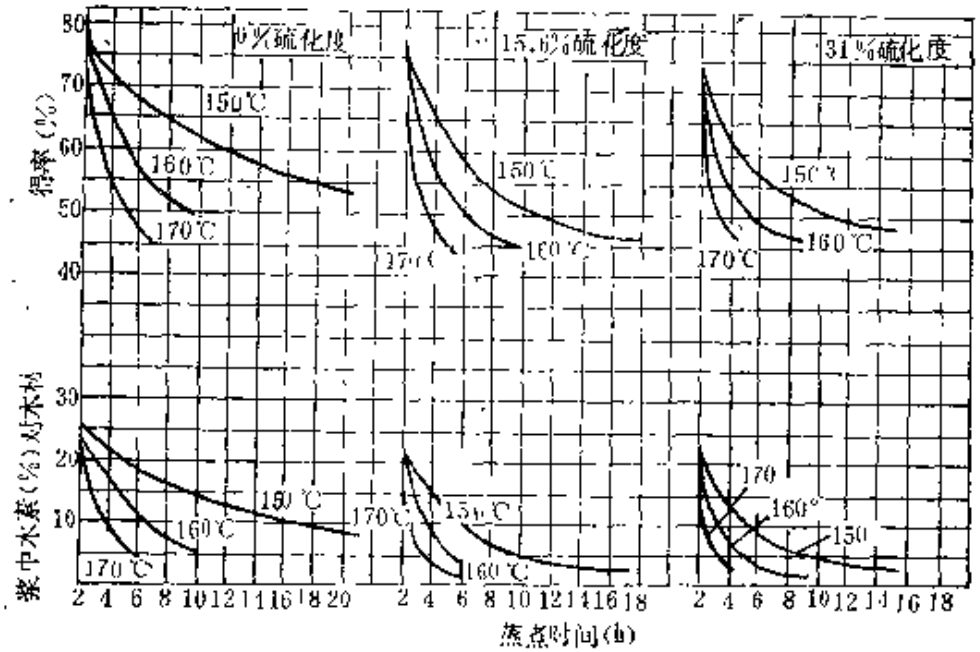


图 4-4-12　硫化度对蒸煮时间，纸浆得率、纸浆中木素含量的影响

试验条件与图4-4-11同

② 在其它的生产技术条件不变和木片水分正常的情况下，当硫化度为33%，活性碱15%时、纸浆及在大生产中纸张的物理强度普遍较好，实验室和手抄纸的试验结果亦基本相同。耐破指数（耐破度/定量）达到7.24，是本试验范围内最高的数字，裂断长和耐折度也较高。当活性碱为14.2%，硫化度16%时，纸张的物理强度最低。

③ 硫化度与用碱量的适当比例是硫酸盐法蒸煮的关键问题之一。在同样用碱量情况下，增加或减少硫化度，对纸浆质量将产生不同的结果，在同样硫化度情况下，用碱量不同，亦得出不同的结果。

④在硫化度33%，活性碱15%时，纸浆蒸煮均匀，蒸解率较高，粗渣率低，纸浆得率提高约2.2%。

（2）硫化度对落叶松制浆的影响，试验结果列于表4-4-28。

表4-4-28　　硫化度对落叶松木本色浆和可漂浆质量的影响

		本色浆				可漂浆		
有效碱	(%)	20	20	20	20	25	25	25
有效碱中硫化度	(%)	21.2	25.2	32.0	35.0	21.2	25.2	32.0
175℃保温	(h)	1	1	1	1	2	2	2
浆得率（对原木）	(%)	34.5	34.9	35.2	35.5	35.8	36.0	37.5
硬度（贝克曼价）		125	130	132	138	83	88	89
浆中聚戊糖	(%)	4.9	5.2	4.8	5.6	3.6	4.0	3.9
浆中木素	(%)	7.7	7.9	7.9	8.2	3.2	3.5	3.7
打浆度	(°SR)	58	59	60	59	59	60	60
裂断长	(m)	8101	9120	8310	9315	8690	9680	9695
耐折度	(双次)	2105	2130	2310	2540	2950	2026	2010

蒸煮的其它条件，最高蒸煮温度175℃，升温时间3h。

（3）硫化度对马尾松制浆的影响，试验结果列于表4-4-29。

表4-4-29　　马尾松①硫酸盐法蒸煮②漂白浆硫化度的影响

	硫化度（%）	15	20	25	30	35	40
蒸煮结果	黑液残碱（Na_2Og/l）	7.67	8.54	9.05	9.39	5.10	8.06
	浆得率（%）	43.17	44.56	44.64	43.73	43.92	44.14
	浆硬度（贝克曼价）	94.17	95.0	89.50	81.8	74.90	76.55
未漂浆打浆后	α-纤维素（%）	92.83	92.94	92.60	92.64	92.74	92.80
	木素（%）	2.468	2.845	2.05	1.54	1.74	1.38
	灰分（%）	0.424	0.406	0.505	0.507	0.506	0.628
漂白浆	聚戊糖（%）	5.86	6.56	6.48	5.94	6.10	6.62
	聚合度（D P）	572	701	733	—	—	—
未漂浆打浆后	裂断长（m）	7970	7970	8640	8350	8360	8750
	撕裂因子	166.3	198.9	193.0	186.9	216.1	—
	耐破度（kPa）	702 (7.16kg/cm²)	639 (6.52kg/cm²)	740 (7.55kg/cm²)	731 (7.46kg/cm²)	746 (7.61kg/cm²)	—
	耐折度	559	1368	1532	1332	1319	—

① 福建马尾松，原木直径20～30cm，手工削片规格30×20×3mm

② 蒸煮条件，小电热蒸锅，用碱量18%Na_2O，液比1:3.5，最高温度172℃

从表4-4-29试验结果看出：蒸煮福建马尾松漂白浆，在用碱量18%时，硫化度由15%增加到40%，粗浆硬度及木素含量都趋于逐渐降低。

工厂对硫化度的控制，往往受碱回收系统的限制，因为硫的损失并不同时包含钠的损失。补充的化学药品中，钠和硫的比率对硫化度也有很显著的影响；而且在硫化度高时臭味大。所以在

不影响纸浆质量的前提下，宜保持较低的硫化度。

3. 加硫黄代替Na_2S

碱法蒸煮液加入硫黄代替Na_2S，S与NaOH作用生成Na_2S、$Na_2S_2O_3$和多硫化钠等，使蒸煮液具有与硫酸盐蒸煮液相似的性质。

基本反应：

$$4S + 6NaOH \rightarrow 2Na_2S + Na_2S_2O_3 + 3H_2O$$

$$Na_2S + XS \longrightarrow Na_2S_{x+1}$$

多硫化钠

副反应：

$$6NaOH + nS \longrightarrow 2Na_2S\left(\frac{n}{n}-\frac{2}{n}\right) + Na_2S_2O_3 + 3H_2O$$

上述基本反应与温度有关。从图4-4-13可看出：S溶解在浓度为6%NaOH溶液时，在100℃以下生成的多硫化钠多于Na_2S和$Na_2S_2O_3$，并于100℃时达到最大值；超过100℃则逐步变回Na_2S。

能够与NaOH作用生成Na_2S的那部分硫称为“活性硫”。蒸煮液硫化度的计算亦以此为依据。

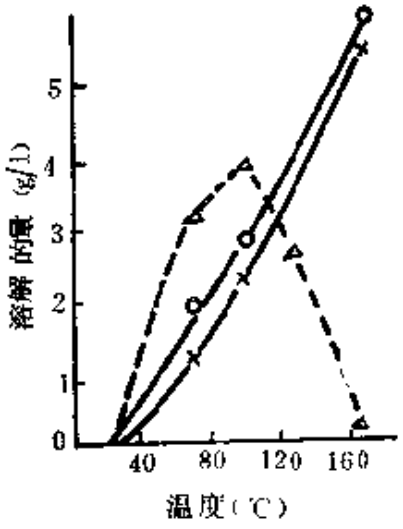


图4-4-13 在6%NaOH溶液中加热时S的溶解

×-生成的Na_2S，o-生成的$Na_2S_2O_3$，Δ-生成的多硫化钠

硫黄的加入量，一般为原料的1～3%。在用碱量不情变的况下，过多的加入硫，由于生成$Na_2S_2O_3$，消耗了活性碱，使蒸煮液的活性碱下降过多，会对蒸煮产生不良的影响。

南方某造纸厂自六十年代初起大量用此法蒸煮马尾松生产本色浆和漂白浆，获得接近于硫酸盐法制浆所表现的效果（见表4-4-30）。

表4-4-30　　马尾松本色浆不同蒸煮方法的比较

	硫酸盐法		烧碱法		碱-硫磺法
NaOH用量 (%)	15.48	19.99	23	20	18～20
Na_2S用量 (%)	5	3.8	—	—	—
S用量 (%)	—	—	—	—	2.5～3.0
液比	1:1.8	1:1.7	1:1.6	1:2.2	1:1.8
最高蒸煮压力 (kPa)	686 (7kg/cm²)	686	686	686	686
升温时间 (时:分)	1:00	0:45	1:00	1:00	0:45
保温时间 (时:分)	2:00	2:00	1:30	1:40	1:00
硬度 (高锰酸钾值)	25～35	28～32	19～28	30～37	23～32
平均裂断长 (m)	2400～3100		1300～1500		2700～2900
撕裂度 (mN)	—		392～686 (40～70g)		1274～1372 (130～140g)
耐破度 (kPa)	—		29.4～49 (0.3～0.5kg/cm²)		225～235 (2.3～2.4kg/cm²)
耐折度 (次)	—		3～4		15～16

（六）蒸煮最高温度、蒸煮时间及H因子

1. 蒸煮温度、时间与得率的关系

在碱法蒸煮中，温度与时间是一对相互影响的变量。提高蒸煮

硫黄的加入量，一般为原料的1～3%。在用碱量不情变的况下，过多的加入硫，由于生成$Na_2S_2O_3$，消耗了活性碱，使蒸煮液的活性碱下降过多，会对蒸煮产生不良的影响。

南方某造纸厂自六十年代初起大量用此法蒸煮马尾松生产本色浆和漂白浆，获得接近于硫酸盐法制浆所表现的效果（见表4-4-30）。

表4-4-30　　马尾松本色浆不同蒸煮方法的比较

	硫酸盐法		烧碱法		碱-硫磺法
NaOH用量 (%)	15.48	19.99	23	20	18～20
Na_2S用量 (%)	5	3.8	—	—	—
S用量 (%)	—	—	—	—	2.5～3.0
液比	1:1.8	1:1.7	1:1.6	1:2.2	1:1.8
最高蒸煮压力 (kPa)	686 (7kg/cm²)	686	686	686	686
升温时间 (时:分)	1:00	0:45	1:00	1:00	0:45
保温时间 (时:分)	2:00	2:00	1:30	1:40	1:00
硬度 (高锰酸钾值)	25～35	28～32	19～28	30～37	23～32
平均裂断长 (m)	2400～3100		1300～1500		2700～2900
撕裂度 (mN)	—		392～686 (40～70g)		1274～1372 (130～140g)
耐破度 (kPa)	—		29.4～49 (0.3～0.5kg/cm²)		225～235 (2.3～2.4kg/cm²)
耐折度 (次)	—		3～4		15～16

（六）蒸煮最高温度、蒸煮时间及H因子

1. 蒸煮温度、时间与得率的关系

在碱法蒸煮中，温度与时间是一对相互影响的变量。提高蒸煮温度可显著缩短蒸煮时间。但当温度超过180℃，特别在200℃，纤维素的降解会变得敏感，在硬度不变时，纸浆得率就会下降（见图4-4-14）。

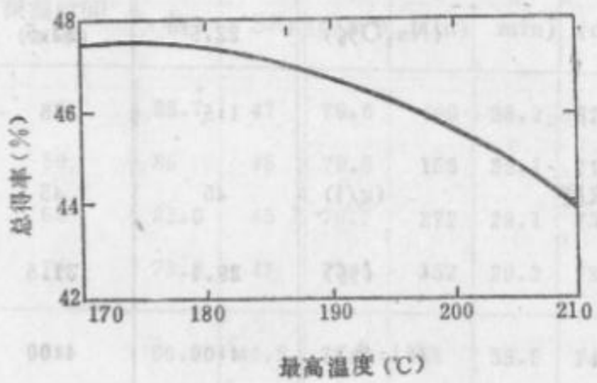


图4-4-14　最高蒸煮温度对得率的影响（Roe价为6）

发生得率损失的实际温度决定于木材的材种和蒸煮条件，特别是用碱量。在高温蒸煮接近终点时，过量碱的存在会使大量碳水化合物降解。

要获得良好的蒸煮结果，在硫酸盐法间歇蒸煮升温和保温的两个阶段内，升温到140℃以前，要保证碱液与木片接触均匀并浸透到木片中心；从140℃升温到170℃，要有足够的时间让木素脱除；在最高温度下保温，时间不宜过长，这对残余木素的脱除影响不大，而能减轻碳水化合物的降解。

在实际生产中，蒸煮牛皮浆，升温时间可短些；对可漂软浆，升温时间宜长些；生产高纯度电气绝缘浆时，升温更要缓慢些。

2. 蒸煮温度对纸浆性质的影响

见表4-4-31和表4-4-32。

由表4-4-31很明显地看出，适当降低蒸煮温度，减弱纤维的破坏作用，从而使纸浆粘度和强度增高，纸浆变得强韧，耐磨性能也好；纤维均一性在蒸煮温度为160℃和155℃时相差不多，但蒸煮温度提高到165℃时，纤维均一性剧烈地恶化，并发现次生壁

表4-4-31　　硫酸盐法蒸煮红松电容器纸浆不同温度对成浆质量的影响

蒸煮温度	(℃)	165	160	155
用碱量	(Na_2O%)	22.5	22.5	22.5
液比		1:5	1:5	1:5
蒸煮最初碱液浓度	(g/l)	45	45	45
硫化度	(%)	29.1	31.5	29.1
升温时间	(h:分)	1:00	1:00	1:00
保温时间	(时:分)	2:00	2:30	3:00
成浆硬度	(卡伯值)	29.5	32.5	43.2
粘度	(Pa·s)	511×10^{-4}	627×10^{-4}	793×10^{-4}
粘度与卡伯值的比值		17.3	19.3	18.4
浆张裂断长	(m)	6870	6830	7100
纤维均一性	(%)	56	16	20
最高打浆度	(°SR)	96.3	96.5	97.1

外层被破坏的纤维占一半以上。

在生产实际中，针叶木蒸煮最高温度多在160～180℃。

表4-4-32为福建马尾松蒸煮硫酸盐纸袋纸浆，在不同的最高蒸煮温度和保温时间，纸浆的硬度和物理强度的变化。从表中可看出：在最高蒸煮温度为167～170℃，硬度范围50～60卡伯值时，除了撕裂度外，其余的强度指标（包括拉伸积）均比较好。

表4-4-32　　马尾松硫酸盐纸袋纸浆在不同蒸煮温度和时间与浆张强度的关系

蒸煮条件[1]		硬度（卡伯价）	打浆度（°SR）	浆张定量（g/m²）	透气度（ml/min）	拉伸积（kg·min）	断裂长（m）	耐破因子	撕裂因子
最高温度（℃）	保温时间（min）								
164	40	88.7	47	79.0	400	28.2	6773	49.2	132.9
	50	85	45	79.5	158	32.1	7189	56.7	124.5
	60	82.9	45	76.7	272	29.1	7366	57.4	122.6
	70	78.8	47	73.7	352	29.2	7322	57.3	135.1
167	30	96.7	44.5	77.5	168	35.5	7498	57.5	118.3
	40	75.5	45.4	78.6	141	30.3	7597	60.5	124.7
	50	65.1	45	79.0	68	40.2	8716	64.3	122.8
	60	58.7	45.5	74.6	189	31.6	8402	63.2	135.4
	70	50.4	47	74.6	176	33.2	8813	67.0	139.4
170	30	76.5	44.8	80.5	218	33.5	7241	59.6	128.0
	40	72.0	44	78.1	216	32.9	7504	62.2	130.1
	50	59.4	46.5	81.1	387	35.1	8079	66.2	129.0
	60	53.5	45	77.1	89	31.5	7897	64.2	129.7
	70	50.7	44	78.1	117	40.86	8852	64.8	125.5
173	30	45.7	41	78.4	207	34.2	7679	60.8	144.1
	50	52.2	45.5	80.0	127	32.2	7042	58.8	148.8
	60	40.0	43.8	77.1	140	32.3	7575	61.1	147.8
	70	30.4	48	78.5	101	25.3	7153	55.3	128.7

① 蒸煮的其它条件：用碱量17%，硫化度25%，液比 1:3.44～3.5；升温时间2小时46分至8小时8分。

对四川云杉腐朽度较大和规格较差的木片进行不同升温和保

温时间的蒸煮试验。试验结果表明：延长升温时间、适当缩短保温时间，可获得物理强度较高的纸浆，见表4-4-33。

表4-4-33　四川云杉不同升温和保温时间蒸煮本色浆的结果

			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
蒸煮①	升温时间(min)	(0～4.2kg/cm²)	50	50	75
		(4.2～7.0 kg/cm²)	40	30	30
	7.0kg/cm²保温时间(min)		90	70	45
	有效蒸煮时间 (h)		3.0	2.5	2.5
	硬度 (高锰酸钾值)		30.5	35.2	33.9
浆张物理强度②	裂断长 (m)		6347	7055	7570
	撕裂度 (mN)		1220(124.5g)	1196(22g)	1245(127g)
	耐破度 (kPa)		524(5.35kg/cm²)	581(5.93kg/cm²)	595(6.07kg/cm²)
	破裂强度 (%)		81.5	84.8	87.8

① 蒸煮的其它条件：用碱量18%Na_2O，硫化度33%，液比1:2

② 浆张定量100g/m²，浆料打浆度60°SR

3. H因子

（1）H因子的概念

1957年加拿大学者弗罗姆（K.E.Vroom）从阿累尼乌斯（Arrhenius）方程出发，提出了用单一变数来表示硫酸盐法蒸煮的温度和时间两个因素，这个变数称为H因子。它在数值上相当于相对反应速率k对时间t作图所得曲线下面的面积（见图4-4-15），也可用下列数学式表示：

$$H=\int_0^t e^{B-\frac{A}{T(t)}}dt$$

在蒸煮脱木素的“主要阶段”内，时间与温度可以互相补

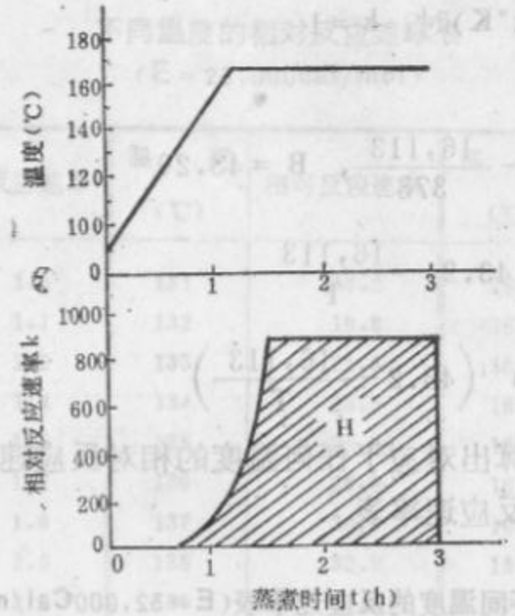


图4-4-15　蒸煮时间与温度、相对反应速率曲线

偿。只要保持相同的H因子，纸浆的硬度、木素含量和得率即可保持不变。国外已广泛地用它来建立数学模型，对蒸煮过程进行计算机控制。

（2）相对反应速率的计算

根据阿累尼乌斯方程，相对反应速率与温度的关系式可写为：

$$\ln k=B-\frac{A}{T}$$

式中　k——相对反应速率

T——绝对温度（0℃+273°），°K

B——常数

$A=\frac{E}{R}$

E——脱木素反应的活化能，Cal/mol

R——气体常数，1.98Cal/mol

取　E=32,000Cal/mol，则A=16,113

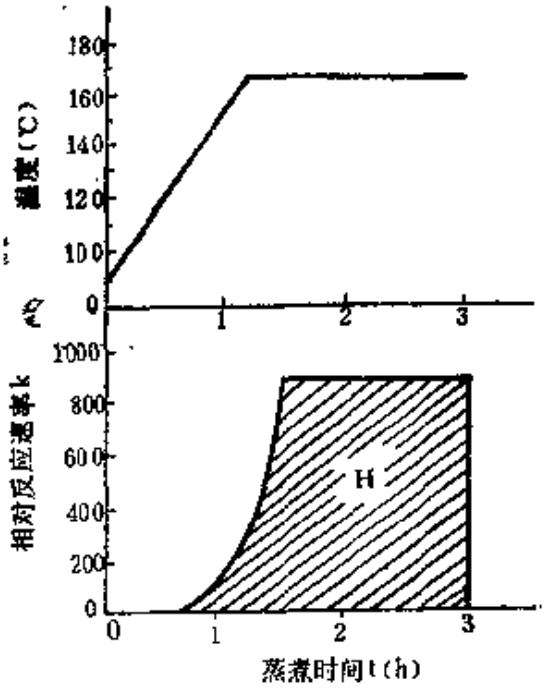


图4-4-15　蒸煮时间与温度、相对反应速率曲线

偿。只要保持相同的H因子，纸浆的硬度、木素含量和得率即可保持不变。国外已广泛地用它来建立数学模型，对蒸煮过程进行计算机控制。

（2）相对反应速率的计算

根据阿累尼乌斯方程，相对反应速率与温度的关系式可写为：

$$\ln k = B - \frac{A}{T}$$

式中　k——相对反应速率

T——绝对温度（0℃ + 273°），°K

B——常数

$$A = \frac{E}{R}$$

E——脱木素反应的活化能，Cal/mol

R——气体常数，1.98Cal/mol

取　E = 32,000Cal/mol，则A = 16,113

假设　100℃(373°K)时，k = 1

则上式变为：

$$0 = B - \frac{16,113}{373}, \quad B = 43.20$$

因此　　$\ln k = 43.2 - \frac{16,113}{T}$

或写成：　$k = \ln^{-1}\left(43.2 - \frac{16,113}{T}\right)$

由上式可计算出对应于任何温度的相对反应速率。

（3）相对反应速率表

表4-4-34　不同温度的反应速率表(E = 32,000Cal/mol)

温度(℃)	相对反应速率	温度(℃)	相对反应速率	温度(℃)	相对反应速率	温度(℃)	相对反应速率
100	1.0	125	15.1	150	165.0	175	1382.8
101	1.1	126	16.7	151	180.6	176	1498.1
102	1.3	127	18.5	152	197.4	177	1622.5
103	1.4	128	20.4	153	215.8	178	1756.6
104	1.6	129	22.6	154	235.8	179	1901.1
105	1.8	130	24.9	155	257.5	180	2056.7
106	2.0	131	27.5	156	281.2	181	2224.3
107	2.2	132	30.4	157	306.8	182	2404.8
108	2.5	133	33.5	158	334.7	183	2599.0
109	2.8	134	36.9	159	365.0	184	2807.9
110	3.1	135	40.7	160	397.8	185	3032.6
111	3.5	136	44.8	161	433.4	186	3274.2
112	3.8	137	49.3	162	472.0	187	3533.8
113	4.3	138	54.3	163	513.9	188	3812.8
114	4.8	139	59.7	164	559.2	189	4112.5
115	5.3	140	65.6	165	608.3	190	4434.2
116	5.9	141	72.1	166	661.5	191	4779.6
117	6.6	142	79.2	167	719.1	192	5150.2
118	7.3	143	86.9	168	781.3	193	5547.7
119	8.1	144	95.4	169	848.7	194	5974.1
120	9.0	145	104.6	170	921.4	195	6431.2
121	10.0	146	114.7	171	1000.1	196	6921.1
122	11.1	147	125.7	172	1085.1	197	7445.9
123	12.3	148	137.7	173	1176.9	198	8008.1
124	13.6	149	150.8	174	1275.9	199	8610.1

表4-4-35　　不同温度的相对反应速率表

（E＝28,000cal/mol）

温度（℃）	相对反应速率	温度（℃）	相对反应速率	温度（℃）	相对反应速率
100	1.0	131	18.2	162	218.7
101	1.1	132	19.8	163	235.5
102	1.2	133	21.6	164	253.6
103	1.4	134	23.5	165	273.6
104	1.5	135	25.6	166	293.7
105	1.7	136	28.9	167	316.0
106	1.8	137	30.3	168	339.9
107	2.0	138	32.9	169	365.3
108	2.2	139	35.8	170	392.6
109	2.4	140	38.9	171	421.8
110	2.7	141	42.2	172	453.0
111	3.0	142	45.9	173	486.4
112	3.3	143	49.8	174	512.9
113	3.6	144	54.0	175	560.1
114	3.9	145	58.5	176	600.7
115	4.3	146	63.4	177	644.1
116	4.7	147	68.7	178	690.4
117	5.2	148	74.4	179	739.8
118	5.7	149	80.6	180	792.6
119	6.3	150	87.2	181	848.8
120	6.9	151	94.3	182	908.9
121	7.5	152	102.0	183	972.6
122	8.2	153	110.2	184	1040.8
123	9.0	154	119.1	185	1113.4
124	9.8	155	128.7	186	1190.5
125	10.7	156	139.0	187	1272.8
126	11.7	157	150.0	188	1360.2
127	12.8	158	161.8	189	1453.1
128	14.0	159	174.6	190	1552.5
129	15.3	160	188.2		
130	16.7	161	202.9		

（4）H因子计算实例

例1　蒸煮全过程H因子近似计算

已知条件：

原料　杨木木片

升温　50→165℃　1h

保温　164～167℃　1h

求：蒸煮全过程的H因子

计算：

时　间（分）	温　度（℃）	H因子（取E＝28,000cal/mol）
0	50	0
10	58	0
20	88	0.3
30	122	8.2
40	144	54.0
50	158	161.8
60	165	273.6
70	164	253.6
80	165	273.6
90	164	253.6
100	167	316.0
110	165	273.6
120	165	273.6
		2141.6÷6＝357

（折合小时需除以6）

例2　以温度补偿时间的计算

已知条件：

①　升温80°→170℃　1.5h，170℃保温1.5h。

②　升温80°→170℃　1.5h

170°→180℃　10min，180℃保温。

求：①　最高温度为170℃时，整个蒸煮过程的H因子。

②　温度升高至180℃，要达到相同H因子所需的蒸煮总时间。

计算：见表4-4-36。

表4-4-36

时　间（h）	温　度（℃）	相对反应速率①（E＝32,000cal/mol）	平均速率②×间隔时间③＝H（取整数）
0.00	80	0	
0.25	95	0	0×0.25＝0
0.50	110	8	2×0.25＝1
0.75	125	15	9×0.25＝2
1.00	140	66	41×0.25＝10
1.25	155	258	163×0.25＝41
1.50	170	921	590×0.25＝148
			升温期间小计＝202
…	…	…	921×1.50＝1,380
3.00	170	921	整个过程总计＝1,582
0.00	80	0	
…	…	…	
1.50	170	921	升温至170℃小计＝202
…	…	…	1,494×0.17＝254
1.67	180	2,057	升温至180℃小计＝456
…	…	…	2,057×0.55④＝1,126
2.22	180	2,057	整个过程总计＝1,582

表注：①　相对反应速率用表4-4-34数值，取整数。

②　平均速率＝$\frac{\text{上一段反应速率}+\text{本段反应速率}}{2}$

③　间隔时间一般可取0.25h，也可以取较小的间隔时间，以算得较精确的近似值。

④　$0.55=\frac{\text{总计H因子}-\text{升温到180℃的H因子}}{\text{180℃时的相对反应速率}}$

$=\frac{1582-456}{2057}$（h）

170°→180℃ 10min，180℃保温。

求：① 最高温度为170℃时，整个蒸煮过程的H因子。

② 温度升高至180℃，要达到相同H因子所需的蒸煮总时间。

计算：见表4-4-36。

表4-4-36

时 间 (h)	温 度 (℃)	相对反应速率① (E=32,000cal/mol)	平均速率②×间隔时间③=H (取整数)
0.00	80	0	
0.25	95	0	0 ×0.25 = 0
0.50	110	8	2 ×0.25 = 1
0.75	125	15	9 ×0.25 = 2
1.00	140	66	41×0.25 = 10
1.25	155	258	163×0.25 = 41
1.50	170	921	590×0.25 = 148
			升温期间小计 = 202
…	…	…	921×1.50 = 1,380
3.00	170	921	整个过程总计 = 1,582
0.00	80	0	
…	…	…	
1.50	170	921	升温至170℃小计 = 202
…	…	…	1,494×0.17 = 254
1.67	180	2,057	升温至180℃小计 = 456
…	…	…	2,057×0.55④ = 1,126
2.22	180	2,057	整个过程总计 = 1,582

表注：① 相对反应速率用表4-4-34数值，取整数。

② 平均速率 = $\frac{\text{上一段反应速率} + \text{本段反应速率}}{2}$

③ 间隔时间一般可取0.25h，也可以取较小的间隔时间，以算得较精确的近似值。

④ $0.55 = \frac{\text{总计H因子} - \text{升温到180℃的H因子}}{\text{180℃时的相对反应速率}}$

$= \frac{1582 - 456}{2057}$ (h)

表4-4-37　　不同蒸煮方法和材种的反应活化能

蒸煮方法	研究者	材种	规格 (cm)	药液浓度 (g/l)	硫化度 (%)	温度 (℃)	反应级数	活化能(kcal/mol) 木素	活化能(kcal/mol) 碳水化合物
烧碱法	Arrhenius		锯末	50～125		140～170	1	17.9	32.0
烧碱法	Iarocque & Maass	云杉	木片	56～160		120～130	1	32.0	
烧碱法	Wilder & Daleski	松木	0.1×5×0.6	20～60		142～171	1	35.0	
烧碱法	Daleski	松木	0.15×5×1.2	90		165～195	1	34.8	22.6
硫酸盐法	Kulkarni & nolan	松木	0.09×0.7×6	40～120	25	125～190	1	24.1	
硫酸盐法	Wilder & Daleski	松木	0.1×5×1.2	20～60	100	142～171	1	28.3	
硫酸盐法	Daleski	松木	0.15×5×1.2	90	25	165～195	1	27.0	
硫酸盐法	Kleinert	云杉	—	38	30	110～187	1	32.2	22.0
硫酸盐法	Nepenin &Schulman	松木	0.24×8×8	40～100	25	170～200	2	11.2*;35.2	35.2
硫酸盐法	Lngyel	云杉	0.4×2×3.5	62.5	30	150～180	2	28.2	
硫酸盐法	Lngyel	白杨	0.4×2×3.5	37.5	20	120～180	2	4.0**;27.5	
烧碱法	轻工业部造纸研究所	芦苇	长1.2～2.0	46.7	0	145～175	2	11.85	
硫酸盐法	轻工业部造纸研究所	芦苇	长1.2～2.0	39.0	12.7	145～175	2	5.71	
硫酸盐法	曹光锐等	麦草			11		2	14.896	

（5）碱法蒸煮反应的活化能

不同的蒸煮方法和原料，脱木素反应的活化能的数值相差较大，国外学者彼此的研究结果也不尽一致。表4-4-37为各学者研究的数据，供参考。

（七）添加蒽醌及其类似物对蒸煮的影响

蒽醌(简称AQ，下同)是碱法蒸煮的一种新型助剂*，它起到提高脱木素速率和保护碳水化合物两个作用。它在碱法蒸煮中的应用研究是七十年代开始的，在国际上受到普遍的重视。我国是在1978年开始进行研究和在工业生产上应用的。研究结果表明：加入微量(对原料0.03～0.05%)的AQ，就可以加快脱木素速度、降低碱耗和提高纸浆得率，但对提高纸浆强度的效果不很显著。用烧碱-AQ法代替硫酸盐法蒸煮，可消除空气污染。有碱回收的厂在降低硫化度和添加AQ后，在纸浆质量基本不变的情况下，减少硫的损失，有利于三液(黑液、绿液、白液)平衡。其缺点是：浆料漂白比较困难，漂白浆泡沫多、易糊网，木浆打浆帚化较慢，成纸较脆。

AQ的使用效果因原料和制浆方法不同而有差别。总的说来：用于烧碱法比用在硫酸盐法的效果大，用于草类纤维(稻草除外)比用在针叶木上的效果好。某些AQ的类似物如：烷基AQ、蒽酮、2-AQ羧酸、氯基AQ、氨基AQ和硝基AQ以及染料厂含有蒽醌磺酸钠(AMS)的废液等都有不同程度的效果。

关于使用AQ对生产是否产生不利的副作用问题，说法不一。如国内有的工厂使用AQ后，发现黑液粘度升高及蒸发器汽侧易于结垢；在用水封闭循环时，因浆中残余AQ积聚造成浆色发黄。这类问题有待进一步研究。

1. AQ的作用机理简介

* 美国食品与药品管理局已于1980年批准采用为助剂，制造用于食品包装用纸及纸板的浆。

AQ在碱法蒸煮中是作为一种氧化-还原催化剂存在的，它首先把碳水化合物的还原性末端基氧化成羧基，抑制了剥皮反应，AQ本身则还原为蒽氢醌(AHQ)，然后与木素反应，促使酚型β-芳基醚联接断裂(见图4-4-16)，起到硫化钠的作用，反应后的AHQ又变回AQ，继续对碳水化合物进行氧化作用，周而复始，形成AQ和AHQ的氧化-还原循环系统(见图4-4-16)。

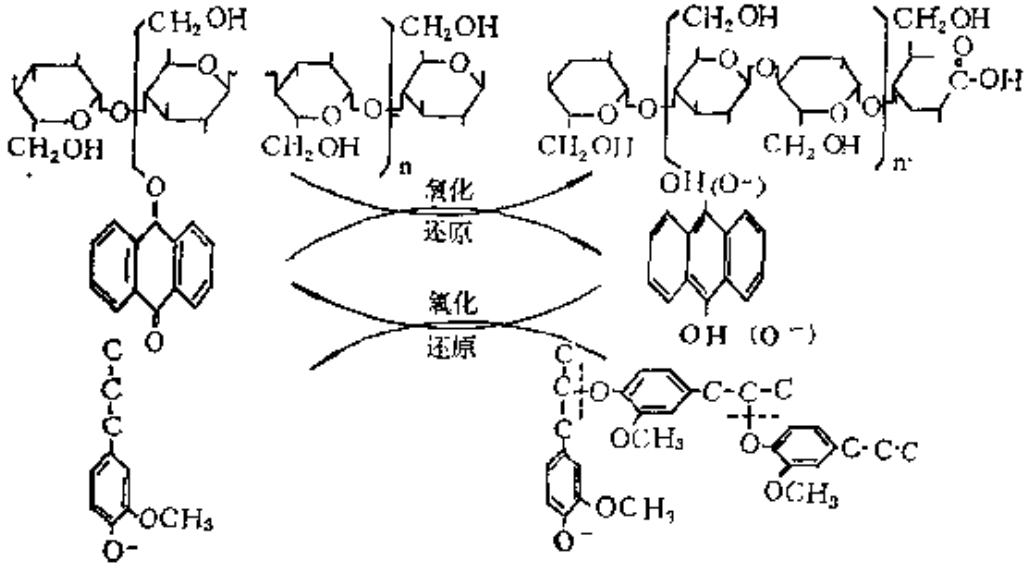


图4-4-16　AQ在碱法蒸煮过程中氧化-还原循环示意图

2. 添加AQ对蒸煮时间和得率的影响

表4-4-38说明添加AQ可缩短蒸煮时间和提高纸浆得率。

表4-4-38　国外针叶木碱法蒸煮添加AQ的结果比较

材种	浆种	170℃保温时间 (min)	总得率 (%)	筛渣 (%)	卡伯值	粘度 (mPa·s)
冷杉	NaOH-AQ浆	118	41.2	0.4	25.5	23.9
	硫酸盐浆	128	39.3	0.4	29.2	31.5
	硫酸盐-AQ浆	91	43.3	0.4	32.0	37.5
铁杉	NaOH-AQ浆	113	44.2	0.7	36.6	20.4
	硫酸盐浆	128	42.3	0.2	31.6	32.0
	硫酸盐-AQ浆	97	44.9	0.5	31.9	34.2

NaOH-AQ浆，AQ添加量为0.025%（对绝干木片）
硫酸盐-AQ浆，AQ添加量为0.10%（对绝干木片）
活性碱用量：18%Na_2O，硫化度30%

AQ在碱法蒸煮中是作为一种氧化-还原催化剂存在的，它首先把碳水化合物的还原性末端基氧化成羧基，抑制了剥皮反应，AQ本身则还原为蒽氢醌(AHQ)，然后与木素反应，促使酚型β-芳基醚联接断裂(见图4-4-16)，起到硫化钠的作用，反应后的AHQ又变回AQ，继续对碳水化合物进行氧化作用，周而复始，形成AQ和AHQ的氧化-还原循环系统(见图4-4-16)。

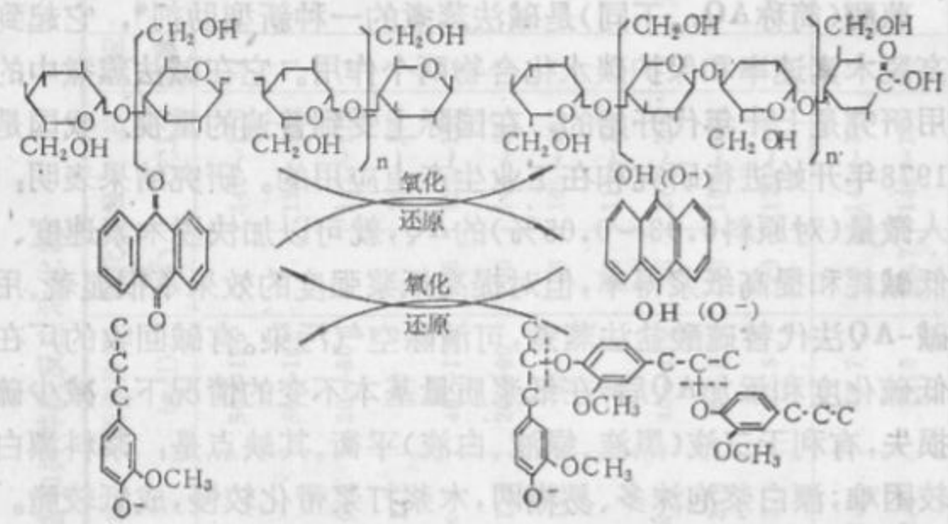


图4-4-16 AQ在碱法蒸煮过程中氧化-还原循环示意图

2. 添加AQ对蒸煮时间和得率的影响

表4-4-38说明添加AQ可缩短蒸煮时间和提高纸浆得率。

表4-4-38 国外针叶木碱法蒸煮添加AQ的结果比较

材种	浆种	170℃保温时间 (min)	总得率 (%)	筛渣 (%)	卡伯值	粘度 (mPa·s)
冷杉	NaOH-AQ浆	118	41.2	0.4	25.5	23.9
	硫酸盐浆	128	39.3	0.4	29.2	31.5
	硫酸盐-AQ浆	91	43.3	0.4	32.0	37.5
铁杉	NaOH-AQ浆	113	44.2	0.7	36.6	20.4
	硫酸盐浆	128	42.3	0.2	31.6	32.0
	硫酸盐-AQ浆	97	44.9	0.5	31.9	34.2

NaOH-AQ浆，AQ添加量为0.025%（对绝干木片）
硫酸盐-AQ浆，AQ添加量为0.10%（对绝干木片）
活性碱用量：18%Na_2O，硫化度30%

国内进行鱼鳞松添加AQ蒸煮试验，也获得提高纸浆得率的效果(见表4-4-39)。

表4-4-39 鱼鳞松NaOH-AQ与硫酸盐法蒸煮结果对比

蒸煮方法	得率 (%)	卡伯值	浆张强度		
			裂断长 (m)	撕裂因子	耐破因子
NaOH-AQ法①	50.4	44.1	8315	110.3	51.6
硫酸盐法②	47.8	42.3	8080	110.2	50.7

① NaOH-AQ法：用碱量（Na_2O）22%，AQ添加量0.3%，液比1:4.5；最高温度166℃，升温4h，保温2h。

② 硫酸盐法：硫化度25%。用碱量、液比和蒸煮曲线同上。

国内落叶松硫酸盐本色浆蒸煮添加AQ的试验也表明：在纸浆达到相近的硬度时，H因子可以降低，即可加快蒸煮速度，见图4-4-17。

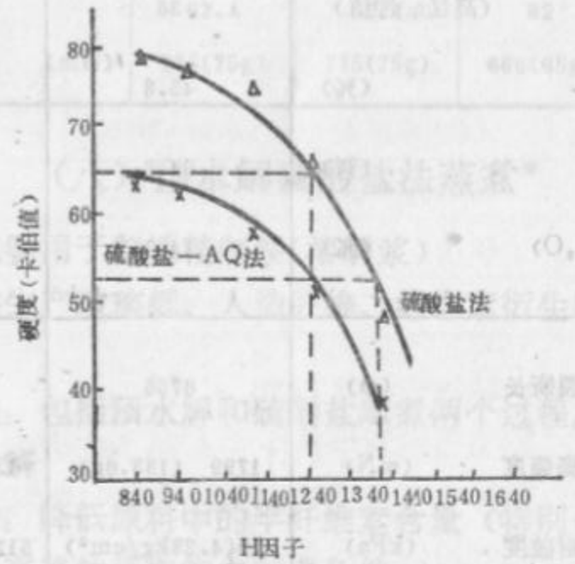


图4-4-17 H因子与硬度的关系曲线

蒸煮条件：用碱量17.5%Na_2O，硫化度30.9%，液比1:4；最高蒸煮温度169℃

3. 添加AQ对用碱量和硫化度的影响

国内工厂在红松的蒸煮液中添加 0.05%AQ，不仅用碱量（Na_2O）由15.7%降低到 13.5%，同时硫化度也由原来 26.8%降低到 12.6%（见表4-4-40）。四川杉木硫酸盐蒸煮加入 0.05%AQ，也起到代替蒸煮液中部分硫化度的作用（见表4-4-41）。

表4-4-40　　红松硫酸盐蒸煮添加AQ对用碱量和硫化度的影响

			硫酸盐法	硫酸盐-AQ法
用碱量（Na_2O）		(%)	15	13.5
硫化度		(%)	26.8	12.6
AQ添加量		(%)	0	0.05
硬度		(压入刻痕)	36	37.1
粗浆得率		(%)	45.8	45
蒸解率		(%)	94.2	96.7
黑液残碱（Na_2O）		(%)	4.3	3.5
浆张强度	裂断长	(m)	6755	8035
	撕裂度	(mN)	1799 (183.6g)	1338 (136.5g)
	耐破度	(kPa)	419(4.28kg/cm²)	512(5.22kg/cm²)

蒸煮条件为：液比1:5，最高温度170℃，保温 1 h，全程4h10min。

表4-4-41　　四川杉木硫酸盐蒸煮添加AQ对硫化度的影响（生产数据）

		硫酸盐法		硫酸盐-AQ法	
		蒸球	立锅	蒸球	立锅
蒸煮条件及结果	用碱量 (%)	19	20	19	20
	硫化度 (%)	23～25	23～25	8～12	8～12
	液比	1:2.8	1:3.6	1:2.8	1:3.6
	AQ添加量 (%)	0	0	0.05	0.05
	蒸煮时间 (h)	3.5	4.0	3.5	4.0
	蒸煮最高温度 (℃)	169	169	169	169
	卡伯值（平均值）	69.1	69.9	72.1	71.6
	粗浆得率 (%)	46.95	46.6	48.65	—
粗浆强度	耐破度 (kPa)	407 (4.15kg/cm²)	447 (4.56kg/cm²)	442 (4.51kg/cm²)	442 (4.51kg/cm²)
	破裂强度	62.4	65.4	62	66.2
	撕裂度 (mN)	735(75g)	735(75g)	666(68g)	759(77.4g)

（八）预水解硫酸盐法蒸煮*

目的：主要用于制造精制浆（溶解浆）

用途：供生产玻璃纸、人造纤维、纤维素衍生物及特殊用纸等。

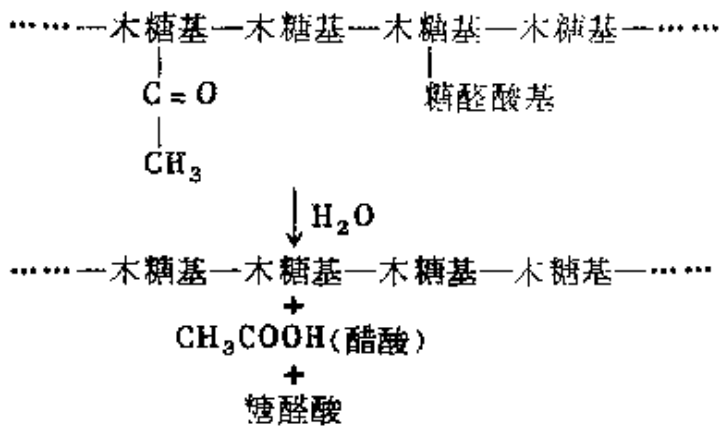
工艺过程：包括预水解和硫酸盐蒸煮两个过程。

1. 预水解

主要目的：降低原料中的半纤维素含量（特别是聚木糖的含量）以及为提高浆粕反应能力创造条件。

* 此法在国际上已不再发展，国内也较少采用。

原料中的半纤维素在预水解时发生的反应：



预水解方法：常用的有酸预水解、水预水解和汽预水解三种，比较如表4-4-42。

表4-4-42　　三种预水解方法的比较

水解方法	酸预水解	水预水解	汽预水解
预水解剂	无机酸(硫酸、盐酸、硝酸、亚硫酸等)	水	蒸汽
预水解剂浓度(%)	0.3~0.5%	—	—
液比（对木片）	1:3.5	1:3.5	1:1 (锅底部可达1:2)
最高温度（℃）	125	180	180
时间　(时:分)	比水预水解短	0:20~3:00	0:10~0:30
水解作用	较剧烈	缓和	较剧烈
水解液浓度	较低	较低	较高，对碱回收有利
使用情况	较少使用	使用较多	使用较多

2．预水解半料的硫酸盐蒸煮

主要目的：除去预水解半料中的木素（包括预水解过程中产生的缩合木素）、残留的半纤维素以及其它非纤维组分。

蒸煮用碱量比一般硫酸盐蒸煮要高。

表4-4-43列出马尾松用三种预水解方法得到的水解半料的化学组成以及硫酸盐蒸煮和精制后成品的质量比较。

表4-4-43　　马尾松不同预水解方法的半料的化学组成和精制浆质量比较

		酸预水解		水预水解		汽预水解		原木片
水解	水解剂	0.5%H_2SO_4		水		汽		
	温度 (℃)	110		150		170		
	时间 (时:分)	2:00		2:00		0:20		
	半料得率 (%)	87.8		90.7		91.4		
水解半料的化学组成		对水解半料	对木片	对水解半料	对木片	对水解半料	对木片	未水解
	木素 (%)	33.76	29.60	32.00	29.00	31.42	28.70	27.86
	聚戊糖 (%)	8.87	7.78	7.69	6.97	7.51	6.81	9.09
	灰分 (%)	0.60	0.53	0.57	0.51	0.69	0.69	0.52
	1%NaOH抽出物 (%)	22.29	19.51	19.98	18.10	20.75	18.97	18.86
	树脂 (%)	5.14	4.52	4.24	3.85	4.66	4.25	7.14
	纤维素 (%)（硝酸乙醇法）			47.90	43.40	47.60	42.90	45.79
未漂浆	得率 (%)	36.6		36.5		37.2		40.0
	硬度 (贝克曼价)	99.1		106.9		112.3		116.7
	残碱 (g/l)	10.65		10.41		11.58		9.43
	漂白总氯量 (%)（有效氯）	5.00		5.59		5.52		6.28
成品浆质量	α-纤维素 (%)	92.60		92.10		91.80		88.28
	粘度 (Pa·s)	18.91×10^{-3}		12.50×10^{-3}		17.60×10^{-3}		27.80×10^{-3}
	聚戊糖 (%)	3.85		3.78		3.96		7.00
	灰分 (%)	0.088		0.127		0.256		

未漂浆蒸煮条件：用碱量20%Na_2O，硫化度28%，液比1:4，升温 70～110℃ 0.5h，110～170℃2.5h，保温2h。

精制漂白流程：氯化一碱处理一次氯酸盐漂白一次氯酸盐漂白一酸处理

五、针叶木硫酸盐蒸煮各种浆的实例

（一）蒸煮工艺条件及结果

1. 本色硫酸盐硬浆，见表4-4-44。
2. 电气绝缘浆，见表4-4-45。
3. 漂白硫酸盐木浆，见表4-4-46。
4. 马尾松溶解浆，见表4-4-47。

表4-4-44　　本色硫酸盐硬浆蒸煮实例

		红松原木		红松原木及少量杨、桦木等外材	落叶松原木		落叶松原木及少量杨、桦木等外材	马尾松原木及板皮	马尾松原木及板皮	马尾松原木及板皮	四川
蒸煮条件	蒸煮器型式及容积	立式蒸煮锅，110m³		立锅83～110m³	立式蒸煮锅，110m³		立锅83～110m³	立锅110m³	立锅75m³	蒸球40m³	蒸球40m
	装锅方法	294kPa(3kg/cm²)蒸汽装锅	588kPa(6kg/cm²)蒸汽装锅	自然装锅液压木片	294kPa(3kg/cm²)蒸汽装锅	588kPa(6kg/cm²)蒸汽装锅	自然装锅液压木片		392kPa(4kg/cm²)蒸汽装锅	机械装锅	压缩空气装
	装锅密度(绝干kg/m³)	169	185	170～180	180～200	200～220	170～180	185～190	200	178～184	150
	用碱量 (Na_2O) (%)	16.2～17.0	15.7	16.5	17.1～18.7	17.1	17.0	15.7～16.0	16.0～17.0	20	12.1加0.05
	硫化度 (%)	～20	～20	27～34	～20	～20	27～34	25～30	≥18	20	25～28
	液比	1:3.5	1:3.6	1:3.5	1:3.5	1:3.6	1:3.5	1:3.5	1:3.35	1:24	1:2.8～3
	最高温度 (℃)	172	172	170	172	172	172	166	172	—	—
	最高压力 (kPa)	784(8.0kg/cm²)	784(8.0kg/cm²)	735(7.5kg/cm²)	784(8.0kg/cm²)	784(8.0kg/cm²)	784(8.0kg/cm²)	686(7.0kg/cm²)	735(7.5kg/cm²)	686(7.0kg/cm²)	686(7.0kg/
蒸煮时间 时:分	装锅送液	0:50	0:30～0:40	—	0:50～1:10	0:50～1:00	—	0:25	0:35～0:40	0:20～0:30	—
	一段升温	1:00～1:10	1:00	0→392kPa (0→4kg/cm²) 0:45	1:00～1:10	1:00～1:10	0→392kPa (0→4kg/cm²) 0:45	80～110℃ 1:00	80～130℃ 1:30	0→392kPa (0→4kg/cm²) 0:40	0～294 (0→3kg/ 0:30
	小放汽	连续	连续	392→196kPa (4→2kg/cm²) 0:15	连续	连续	441→245kPa (4.5→2.5kg/cm²) 0:15	连续	连续	392→98kPa (4→1kg/cm²) 0:15	294～'k (4→1kg/ 0:05
	小保温温度、时间	125～130℃ 0:20	125～130℃ 0:20	—	125～130℃ 0:20	125～130℃ 0:20	—	110～125℃ 1:00	—	—	—
	二段升温	1:00～1:10	1:00	196→637kPa (2→6.5kg/cm²) 0:30	1:00～1:10	1:00～1:10	245→490kPa (2.5→5kg/cm²) 0:30	—	—	98→490kPa (1→5kg/cm²) 0:20	98～392 (1→5kg 0:30
	小放汽	—	—	637→441kPa (6.5→4.5kg/cm²) 0:15	—	—	—	—	—	392～196kPa (4→2kg/cm²) 保温:33	(490kPa 5kg/cr 保温 0:
	三段升温	—	—	441→735kPa (4.5→7.5kg/cm²) 0:45	—	—	490→789kPa (5→8kg/cm²) 0:45	125→166℃ 1:00	125→172℃ 1:00～1:10	490～686kPa (5→7kg/cm²) 1:15	196～686 (5→7kg, 0:05
	保温	0:30～0:40	0:40～0:50	1:00	0:50～1:10	1:00～1:10	1:10	0:35	1:00	1:20	1:00
	放汽放锅	0:30	0:30	0:06	0:30	0:30	0:06	686→588kPa (7→6kg/cm²) 0:15 合计0:35	0:15～0:20	0:20～0:30	0:30
	全程	4:10～4:40	4:00～4:20	(有效3:25)	4:30～5:30	4:40～5:20	(有效3:25)	4:35	4:20～4:40	4:00～4:20	有效3:
蒸煮结果	粗浆硬度 (卡伯值)	—	—	30～45	—	—	30～45	68～76	43～57	—	60～7
	(高锰酸钾值)	—	—	—	—	—	—	—	—	21～30	—
	(贝克曼价)	138～145	138～145	—	138～145	138～145	—	—	—	—	—
	未蒸解率 (%)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<11	<8	<8	<10
	粗浆得率 (%)	47	47	45.5	42	42	—	47～50	45	43～44	47～4
浆料用途		纸袋纸	纸袋纸	纸袋纸	纸袋纸	纸袋纸		纸袋纸	商品浆	纸袋纸、牛皮纸	纸袋纸

表4-4-45　　电　气　绝　缘　浆　蒸　煮　实　例

		甲种软浆		乙种软浆		电容器纸浆	380KV电缆纸浆	低压电缆纸浆	薄型电容器纸浆	高压电缆纸浆
材种 蒸煮器型式容积		东北红松、云杉 立式蒸煮锅110米³		东北红松、云杉 立式蒸煮锅110米³		四川云杉、冷杉 立式蒸煮锅 50米³			东北云杉 蒸球 8米³	
蒸煮条件	装锅方法	3公斤/厘米³蒸汽装锅	6公斤/厘米³蒸汽装锅	3公斤/厘米³蒸汽装锅	6公斤/厘米³蒸汽装锅	0.5公斤/厘米³蒸汽装锅	1公斤/厘米³蒸汽装锅	0.5公斤/厘米³蒸汽装锅	人工装锅	
	装锅量 (绝干kg/m³)	169	185	169	180	160	180	160	109	112
	用碱量 (Na_2O) (%)	18.3～18.7		21.0～21.5		约19.5	约19.5	约17.0	22～23	21
	硫化度 (%)	25～30		25～30		25～30	30～35	25～30	25±2	25±2
	液比	1:3.7～4	1:3.7	1:3.5～3.66	1:3.75	1:4.2～4.5	1:3.5	1:4.2～4.5	1:4.0	1:4.0
	最高蒸煮温度 (℃)	172		172		160±1	170	166	162±1	170±1
	最高蒸煮压力 (kPa)	784 (8.0kg/cm²)		784 (8.0kg/cm²)					568～588kPa (5.8～6.0kg/cm²)	568～588kPa (5.8～6.0kg/cm²)
蒸煮温度	装锅送液 时:分	0:50	0:30～0:40	0:50	0:50～1:00	1:00	1:00	1:00	1:00，空转15min	
	一段升温 时:分	1:00～1:10	1:00	1:00～1:10	1:00～1:10	始温→125℃ 2:00	始温→125℃ 1:30	1:30	始温→119℃ 1:00	始温→125℃ 0:45
	小放汽 时:分					120℃开始连续小放汽			0:30	0:25
	小保温 时:分	0:20		0:20		0:30	0:30	0:20	1:30	0:35
	小保温温度 (℃)	125～130		125～130		125	125	125		
	二段升温 时:分	1:00～1:10		1:00～1:10		1:30	1:00	1:00	1:00	2:10
	保温 时:分	0:30～0:40	0:40～0:50	1:30～1:10	1:50～2:00	2:00	1:00	1:15	2:00	2:00
	大放汽放锅 时:分	0:30		0:30		0:30	0:30	0:30		
	蒸煮全程 时:分	4:10～4:40	4:00～4:30	4:40～5:10	5:30～6:10	7:30	5:30	5:35	9:30	7:10
蒸煮结果	粗浆硬度 (卡伯值)					37±5	41±5	42±5	38±8	35±8
	(贝克曼价)	130～140		<105						
	未蒸解率 (%)	<3		<2						
	粗浆得率 (%)	45.7		43						
浆料用途						电容器纸	高压电缆纸	低压电缆纸	薄型电容器纸	高压电缆纸

本色硫酸盐硬浆蒸煮实例

红松原木		红松原木及少量杨、桦木等外材	落叶松原木		落叶松原木及少量杨、桦木等外材	马尾松原木及板皮	马尾松原木及板皮	马尾松原木及板皮	四川云、冷杉等外材	
立式蒸煮锅，110m³		立锅83～110m³	立式蒸煮锅，110m³		立锅83～110m³	立锅110m³	立锅75m³	蒸球40m³	蒸球40m³	立锅75m³
294kPa(3kg/cm²)蒸汽装锅	588kPa(6kg/cm²)蒸汽装锅	自然装锅液压木片	294kPa(3kg/cm²)蒸汽装锅	588kPa(6kg/cm²)蒸汽装锅	自然装锅液压木片		392kPa(4kg/cm²)蒸汽装锅	机械装锅	压缩空气装锅	自然装锅液压木片
169	185	170～180	180～200	200～220	170～180	185～190	200	178～184	150	166.6
16.2～17.0	15.7	16.5	17.1～18.7	17.1	17.0	15.7～16.0	16.0～17.0	20	12.1加0.05%AQ	20±1加0.05%AQ
～20	～20	27～34	～20	～20	27～34	25～30	≥18	20	25～28	25～28
1:3.5	1:3.6	1:3.5	1:3.5	1:3.6	1:3.5	1:3.5	1:3.35	1:24	1:2.8～3.0	1:3.6
172	172	170	172	172	172	166	172	—	—	169
784(8.0kg/cm²)	784(8.0kg/cm²)	735(7.5kg/cm²)	784(8.0kg/cm²)	784(8.0kg/cm²)	784(8.0kg/cm²)	686(7.0kg/cm²)	735(7.5kg/cm²)	686(7.0kg/cm²)	686(7.0kg/cm²)	686(7.0kg/cm²)
0:50	0:30～0:40	—	0:50～1:10	0:50～1:00	—	0:25	0:35～0:40	0:20～0:30	—	0:30
1:00～1:10	1:00	0→392kPa (0→4kg/cm²) 0:45	1:00～1:10	1:00～1:10	0→392kPa (0→4kg/cm²) 0:45	80～110℃ 1:00	80～130℃ 1:30	0→392kPa (0→4kg/cm²) 0:40	0～294kPa (0→3kg/cm²) 0:30	60～110℃ 1:20
连续	连续	392→196kPa (4→2kg/cm²) 0:15	连续	连续	441→245kPa (4.5→2.5kg/cm²) 0:15	连续	连续	392→98kPa (4→1kg/cm²) 0:15	294～'kPa (4→1kg/cm²) 0:05	147→98kPa (1.5→1.0kg/cm²) 0:10
125～130℃ 0:20	125～130℃ 0:20	—	125～130℃ 0:20	125～130℃ 0:20	—	110～125℃ 1:00	—	—	—	—
1:00～1:10	1:00	196→637kPa (2→6.5kg/cm²) 0:30	1:00～1:10	1:00～1:10	245→490kPa (2.5→5kg/cm²) 0:30	—	—	98→490kPa (1→5kg/cm²) 0:20	98～392kPa (1→5kg/cm²) 0:30	1→392kPa (1→4kg/cm²) 0:50
—	—	637→441kPa (6.5→4.5kg/cm²) 0:15	—	—	—	—	—	392～196kPa (4→2kg/cm²) 保温:33	(490kPa即5kg/cm² 保温 0:30)	392→294kPa (4→3kg/cm²) 0:10
—	—	441→735kPa (4.5→7.5kg/cm²) 0:45	—	—	490→789kPa (5→8kg/cm²) 0:45	125→166℃ 1:00	125→172℃ 1:00～1:10	490～686kPa (5→7kg/cm²) 1:15	196～686kPa (5→7kg/cm²) 0:05	294→686kPa (8→7kg/cm²) 1:20
0:30～0:40	0:40～0:50	1:00	0:50～1:10	1:00～1:10	1:10	0:35	1:00	1:20	1:00	0:30
0:30	0:30	0:06	0:30	0:30	0:06	686→588kPa (7→6kg/cm²) 0:15 合计0:35	0:15～0:20	0:20～0:30	0:30	0:30
4:10～4:40	4:00～4:20	(有效3:25)	4:30～5:30	4:40～5:20	(有效3:25)	4:35	4:20～4:40	4:00～4:20	有效3:30	5:20
—	—	30～45	—	—	30～45	68～76	43～57	—	60～75	65～85
—	—	—	—	—	—	—	—	21～30	—	—
138～145	138～145	—	138～145	138～145	—	—	—	—	—	—
<5	<5	<5	<5	<5	<5	<11	<8	<8	<10	<10
47	47	45.5	42	42	—	47～50	45	43～44	47～48	—
纸袋纸	纸袋纸	纸袋纸	纸袋纸	纸袋纸		纸袋纸	商品浆	纸袋纸、牛皮纸	纸袋纸	纸袋纸 中性包装纸

表4-4-46　　漂白硫酸盐木浆蒸煮实例

		四川冷杉	福建马尾松	福建马尾松	湖南马尾松
浆料种类		漂白浆	半漂或全漂浆	漂白浆	半漂浆
蒸煮器型式及容积		立锅，75m³	立锅，75m³	蒸球 25m³	蒸球 40m³
蒸煮条件	装锅方法		4kg/cm²蒸汽装锅后，开中循环压液送木片	机械装锅	机械装锅
	装锅量 (绝干kg/m³)	160	200		153～187.9
	用碱量 (Na_2O) (%)	18.6	18～18.66	20　23　18	17
	硫化度 (%)	20	≥18	25　20　25	20～22
	液比	1:3.0	1:3.35	1:3.6　1:4.0　1:4.2	1:2.5～2.7
	最高蒸煮温度 (℃)	172	172		167±1
	最高蒸煮压力 (kg/cm²)	735 (7.5kg/cm²)	735 (7.5kg/cm²)	686 (7.0kg/cm²)	608～647 (6.2～6.6kg/cm²)
蒸煮时间 (时:分)	装锅送液	0:40～0:50	0:30～0:40		0:20～0:40
	一段升温	始温→735kPa (7.5kg/cm²)	始温→125～130℃	始温→490kPa (5 kg/cm²)	
		2:00～2:30	1:20～1:30	1:50	2:10～2:30
	小放汽	(1～2次)	0:20	(中段保压490kPa即5kg/cm² 1:00)	(2次)

续表

		四川冷杉	福建马尾松	福建马尾松	湖南马尾松
浆料种类		漂白浆	半漂或全漂浆	漂白浆	半漂浆
蒸煮器型式及容积		立锅，75m³	立锅，75m³	蒸球 25m³	蒸球 40m³
蒸煮时间 (时:分)	二段升温		125～172℃ 1:00～1:10	490～686kPa (5～7 kg/cm²)1:00	
	保温	2:00	1:40	3:40	1:30～2:00
	大放汽、放锅	0:20～0:30	0:15～0:20		0:15～0:20
	蒸煮全程	5:00～5:30	5:00～5:30		4:00～5:00
蒸煮结果	粗浆硬度 (卡伯值)		22～35		29～39
	(高锰酸钾值)	14～18		13　10　18	23～29
	未蒸解率 (%)		<8		<8
	粗浆得率 (%)		45	41.1　38.5　45	
	漂白方式		CEH	CEHH	CEH
	漂后浆白度 (%)		半漂68～73 全漂77～78		65～72
浆料用途		配抄书写纸、新闻纸	配抄新闻纸或商品浆		配抄凸版纸或新闻纸

表4-4-46　　漂白硫酸盐木浆蒸煮实例

		四川冷杉	福建马尾松	福建马尾松	湖南马尾松
浆料种类		漂白浆	半漂或全漂浆	漂白浆	半漂浆
蒸煮器型式及容积		立锅，75m³	立锅，75m³	蒸球 25m³	蒸球 40m³
蒸煮条件	装锅方法		4kg/cm²蒸汽装锅后，开中循环液送木片	机械装锅	机械装锅
	装锅量 （绝干kg/m³）	169	200		153～187.9
	用碱量（Na_2O） （%）	18.5	18～18.66	20　23　18	17
	硫化度 （%）	20	≥18	25　20　25	20～22
	液比	1:3.0	1:3.35	1:3.6　1:4.0　1:4.2	1:2.5～2.7
	最高蒸煮温度 （℃）	172	172		167±1
	最高蒸煮压力 （kg/cm²）	735（7.5kg/cm²）	735（7.5kg/cm²）	686（7.0kg/cm²）	608～647（6.2～6.6kg/cm²）
蒸煮时间（时:分）	装锅送液	0:40～0:50	0:30～0:40		0:20～0:40
	一段升温	始温→735kPa（7.5kg/cm²）	始温→125～130℃	始温→490kPa（5 kg/cm²）	
		2:00～2:30	1:20～1:30	1:50	2:10～2:30
	小放汽	（1～2次）	0:20	（中段保压490kPa即5kg/cm² 1:00）	（2次）

表4-4-47　　马尾松生产溶解浆的预水解硫酸盐蒸煮实例

			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
蒸煮器型式、容积			立锅（不锈钢复合钢板）75m³	立锅（不锈钢复合钢板）75m³	蒸球 8 m³，14m³
预水解条件	预水解方法		水预水解	汽预水解	水气水解
	装锅方式		392kPa（4kg/cm²）蒸汽装锅，边送热水边压木片	490kPa（5 kg/cm²）蒸汽装锅	
	装锅量	(kg/m³)	200	200	150
	热水温度	(℃)	80以上	—	90
	液比		1:3.35	1:1（底部可达1:2）	1:2.5～3.0
	装锅送水	(时:分)	0:30	—	0:20
	升温	(时:分)	始温→172℃ 1:50	始温→170℃ 0:50～1:00	始温→120℃ 0:15
	排汽	(时:分)	100℃后开直接蒸汽，升至125℃开始连续小放汽	125℃开始连续小放汽	两次排汽共0:20
	保温温度	(℃)	172～174	170	(784kPa即8 kg/cm²)
	保温时间	(时:分)	0:20	0:20	0:55
	排汽放液	(时:分)	0:30	0:20	0:30
	水解后含酸（g/l）		1.4～2.0	1.8	1.2～1.5
硫酸盐法蒸煮	用碱量（Na_2O）	(%)	19.5	20～21.3	18.5
	硫化度	(%)	≥18	≥18	30
	液比		1:4.3	1:3.35	1:3.8
	最高压力	(kPa)	735 (7.5kg/cm²)	735 (7.5kg/cm²)	696 (7.1kg/cm²)

续表

				Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
蒸煮器型式、容积				立锅（不锈钢复合钢板）75m³	立锅（不锈钢复合钢板）75m³	蒸球8 m³，14m³
硫酸盐法蒸煮		送液	（时:分）	0:15	—	送液0:10，空转0:10
		升温	（时:分）	始温→174℃ 1:50 125℃后开始部分直接通汽	始温→172℃ 1:30	始温→110℃ 0:05 两次排汽、三次通汽共1:00
		排汽	（时:分）	125℃后连续小放汽	125℃后连续小放汽	两次共 0:20
		保温	（时:分）	1:40		1:40
		放汽放锅	（时:分）	0:15		0:50
浆质量	硬度			卡伯值 20～25	卡伯值 22～32	高锰酸钾值 12 ± 2
	聚合度			1000～1200	1050～1250	950～1110
	α-纤维素		（%）	不低于95	不低于95	不低于95
	粗浆得率		（%）	35.6～38.8	35.6～38.8	37～38

（二）蒸煮曲线图

1.硫酸盐红松、落叶松未漂浆蒸煮曲线，见图4-4-18。

2.硫酸盐马尾松本色硬浆蒸煮曲线

（1）升压曲线，见图4-4-19(1)。

（2）升温曲线，见图4-4-19(2)。

3.硫酸盐马尾松半漂浆蒸煮曲线，见图4-4-20。

（用75m³立锅蒸煮）

4.硫酸盐马尾松半漂浆蒸煮曲线，见图4-4-21。

（用40m³蒸球蒸煮）

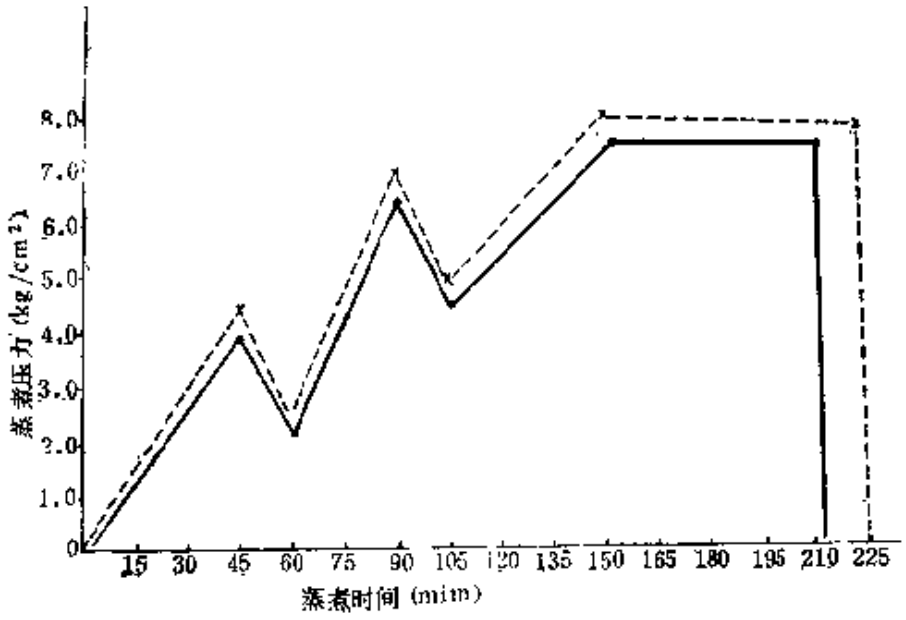
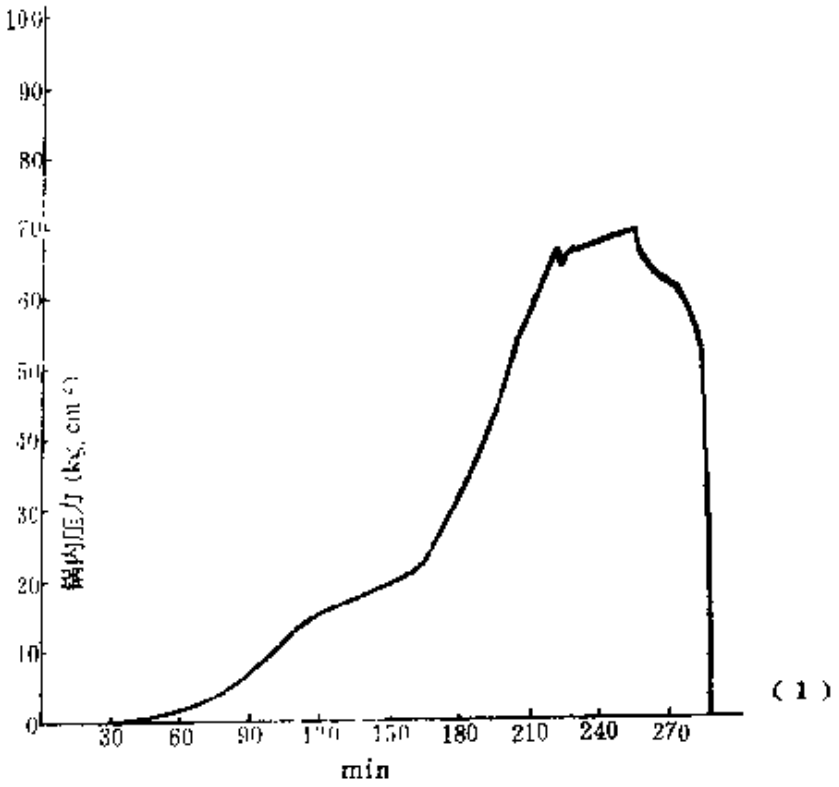


图 4-4-18　硫酸盐红松、落叶松未漂浆蒸煮曲线

○红松升温曲线，用碱量16.5%Na_2O
×落叶松升温曲线，用碱量17%Na_2O
} 硫化度27～34%，液比 1:3.5。直接通汽升温，粗浆硬度35～50卡伯值（用83、110m³立锅蒸煮）



（1）

（2）

图 4 - 1 - 1　硫酸盐马尾松本色硬浆蒸煮曲线
（1）升压曲线
（2）升温曲线

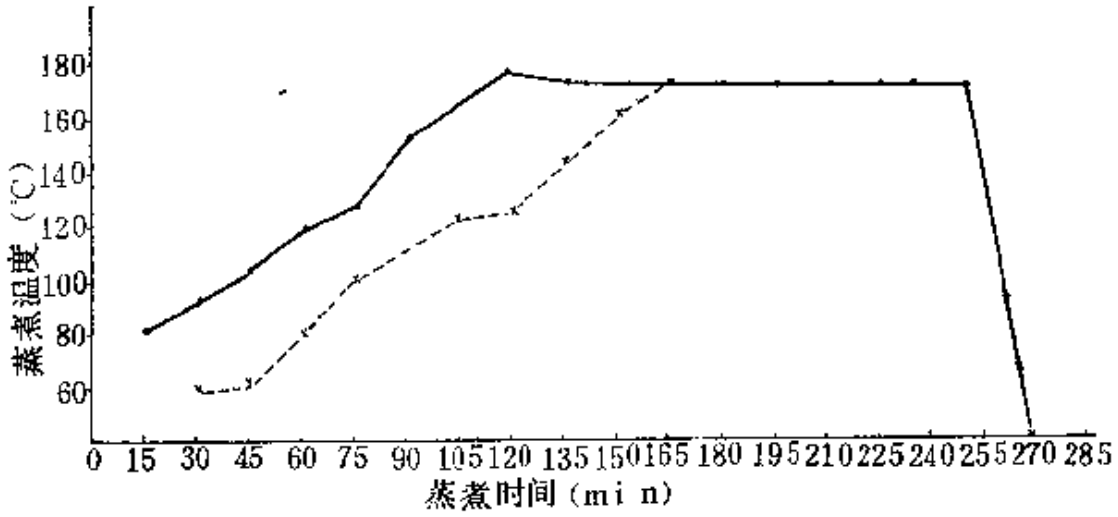


图4-4-20　硫酸盐马尾松半漂浆蒸煮曲线

75m³蒸煮锅，液比1:3.35，用碱量18Na_2O%，硫化度≥18%，最高温度172°C，粗浆硬度22～35卡伯值

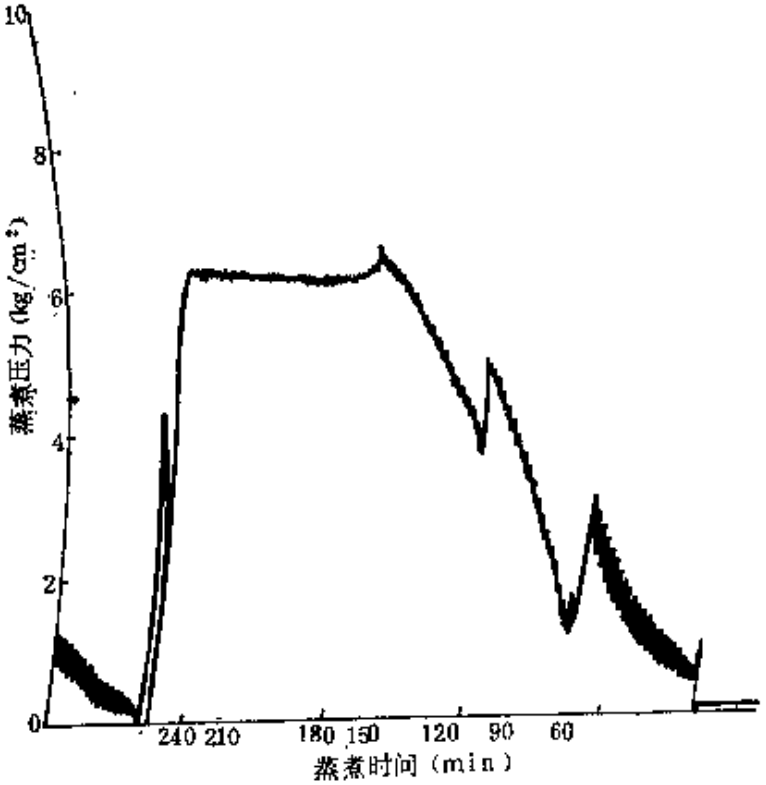


图 4-4-21　硫酸盐马尾松半漂浆蒸煮曲线

蒸煮器：40m³蒸球

原料：马尾松小径材

蒸煮条件：用碱量（Na_2O）17%，硫化度21.2%，液比1:3.1

粗浆硬度：24高锰酸钾值

（三）技术经济指标

表4-4-48和表4-4-49为几个主要针叶树种生产的本色和漂白硫酸盐木浆的主要技术经济指标。

表4-4-48　　本色硫酸盐针叶木浆
生产主要技术经济指标

浆料种类		硬浆	硬浆	硬浆	硬浆	硬浆	硬浆	高压绝缘浆	高压绝缘浆
蒸煮锅	型式	立锅	立锅	立锅	立锅	蒸球	立锅	立锅	蒸球
	容积（m^3）		75	110	75	40	75	50	25
装锅量（绝干kg/m^3）		190	154	200	194	178.6	156	178	—
平均蒸煮时间（时:分）		5:40	5:00	4:33	5:02	4:00	5:32	8:11	10:00
纸浆得率（%）	粗浆	44.04	46	49.04	47.7	47.5	44	43.4	40.0
	细浆		98	97.5	98.04	97.9	100	85.0	95.4
成浆率（%）			45.1	46.8	46.77	46.5	43.99	36.9	38.1
每吨纸浆消耗	纤维原料（m^3）	4.83	5.66	4.07	4.42	4.15	5.4	7.33	10.67
	烧碱（kg）	481	451	428①	493	384	409	405	496
	硫化碱（kg）	—	106	—	—	82	110	166	331
	芒硝（kg）	164		43.48	162		—		
	标准煤（kg）	汽2489	531	478	591	377	401 380	—	—
	电（kW·h）	123	418	230	160	335	238	1182	4431

① 烧碱数字中已包括硫化碱

表4-4-49　　漂白硫酸盐针叶木浆生产主要技术经济指标

浆料种类		漂白浆	半漂或全漂浆	漂白浆	半漂浆	半漂浆
蒸煮锅	型式	立锅	立锅	蒸球	蒸球	立锅
	容积（m^3）	75	75	25	40	75
装锅量（绝干kg/m^3）		156.17	184	184	176	177
平均蒸煮时间（时:分）		6:21	5:02	7:00	4:16	4:14
纸浆得率（%）	粗浆	42.5	47.7	42	38.57	43.4
	纺浆	91.6	98.4	88	81.11	93.1
漂白损失率（%）		8.5	10.77	8	3	10
成浆率（%）		38.86	46.7	37	36.3	36.4
每吨纸浆消耗	纤维原料（m^3）	6.69	4.96	5.08	5.8	5.75
	烧碱（kg）	537	549①	484	456	418
	硫化碱（kg）	126	—	102	122	100
	氯（kg）	126	137	92	133	—
	标准煤（kg）	518	649	528	1187	447
	电（kW·h）	321	241	312	502	306

① 烧碱数字中已包括硫化碱

第五节　阔叶木及锯屑废材等制浆

一、阔叶木制浆

（一）概　　述

阔叶木可用烧碱法和硫酸盐法制化学浆，也可采用中性盐法及冷碱法以制取半化学浆和化学机械浆。国际上阔叶木浆已占很大的比重，1980年全世界产浆量约一亿二千七百万吨，其中化学浆约八千五百万吨，阔叶木浆就占了三千八百万吨，接近45%。

国外制浆常用的阔叶木有桦木、山毛榉、杨木、槭木、栗木、椴木、榆木、枫香木、橡木和桉木等。

我国常用的阔叶材为杨木、桦木及硬杂木混合木片等。

阔叶木纤维较短，平均长度仅为针叶木纤维的1/3左右。因此其成浆的物理强度较低（见表4-5-1），一般多与针叶木浆搭配使用。

用阔叶木浆抄成的纸匀度较好，在针叶木浆里加入少量的阔叶木浆，抄造印刷纸可以改善印刷适性，有时对纸的强度还会有所改进。有些厂配用10～15%杨木或桦木与针叶木混合蒸煮制纸袋纸浆，也取得一定的效果。

阔叶木化学浆与针叶木化学浆比较，一般具有不透明度高、松厚度大、手感柔软性好、吸收性强以及打浆耗动力低等特点。不同的材种，其成浆的特性有较大的差异。表4-5-2列出国外三种商品硫酸盐阔叶木浆的纤维形态及其特性。三种浆的物理性能比较见图4-5-1至图4-5-4。

阔叶木漂白硫酸盐浆适宜于制造印刷纸、书写纸、涂布原纸、卫生用薄页纸和纸板等。

表4-5-1　　阔叶木浆与针叶木浆强度的比较

材	种		纸浆得率（%）	强度值①，以硫酸盐云杉浆为100%计算			
				破裂强度（%）	撕裂强度（%）	耐折度（%）	抗张强度（%）
②硫酸盐法	阔叶木	颤杨	54	65	65	30	87
		红桦	53	66	79	33	72
		美国山毛榉	49	53	69	9	51
	针叶木	云杉	50	100	100	100	100
		斑克松	51	90	92	94	96
烧碱法		颤杨	46	42	61	6	53
		红桦	47	52	93	13	59
		美国山毛榉	37	38	52	3	41

① 浆料的游离度为550～600ml（加拿大标准）

② 硫化度为33%

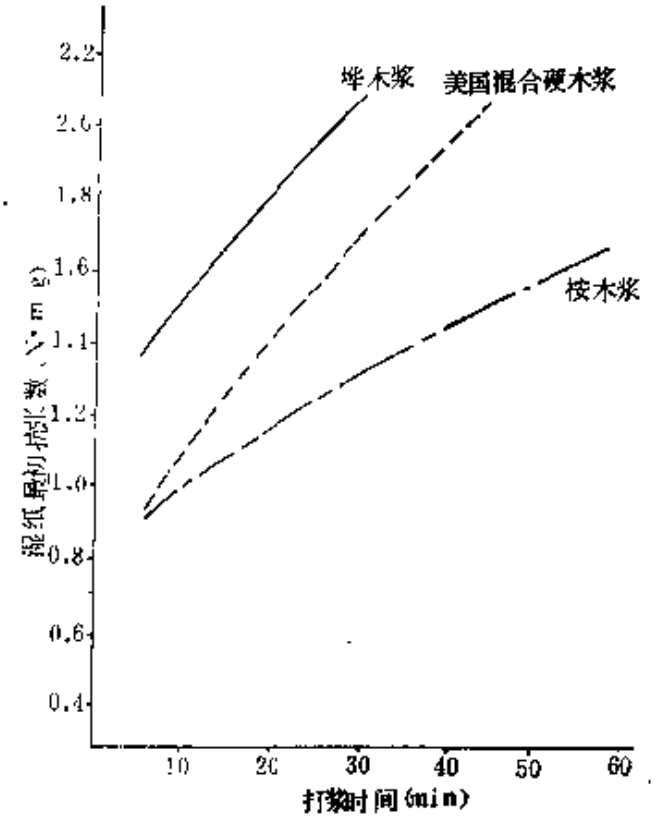


图4-5-1　打浆时间与湿纸最初强度的关系

表4-5-2　国外三种硫酸盐阔叶木浆的纤维形态及其特性

	纤维平均长度（mm）	纤维平均宽度（μm）	胞壁厚度（μm）	非纤维细胞	纸浆特性
桦木浆①	1.1～1.2	20～25	2～3		打浆容易 抗张强度和湿纸最初强度较高
桉木浆①	0.75～1.3	11～20	3～1	导管含量较高	打浆能耗高于桦木浆 松厚度及不透明度较高
美国混合硬木浆	1.4～1.6	22	约5	导管含量较高	打浆能耗较高 松厚度及不透明度较高 撕裂度较高，但其它的强度较低

① 桦木浆产地：北欧；桉木浆产地：南美

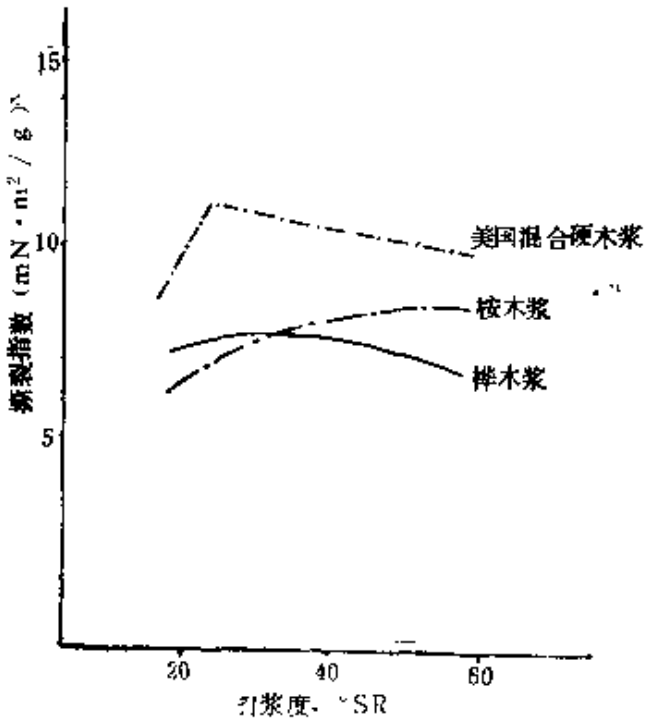


图4-5-2　打浆度与撕裂强度的关系

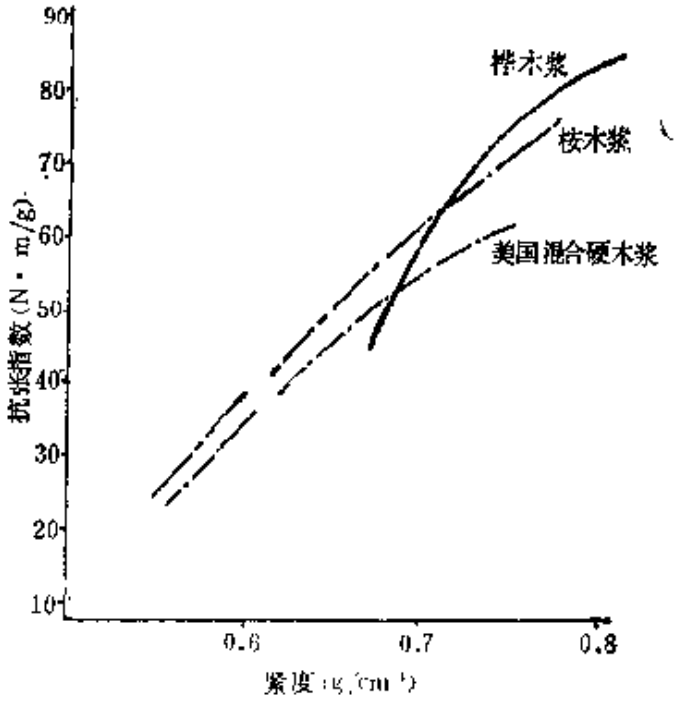


图4-5-3　紧度与抗张强度的关系

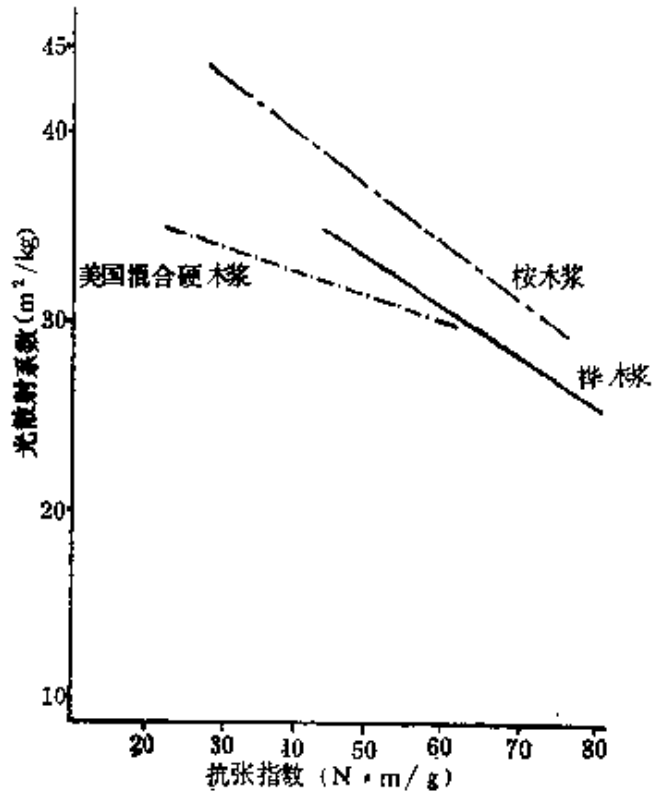


图4-5-4　抗张强度与不透明度的关系

（二）杨木制浆

杨树的品种很多，已在生产上使用的有青杨、白杨等。七十年代中期对北京地区七种速生杨木进行碱法制浆试验，认为均适于作为发展造纸用材的材种。

1. 青杨和山杨

表4-5-3为青杨和山杨硫酸盐制浆试验的结果。

表4-5-3　　青杨和山杨制浆试验

		山杨				青杨		
蒸煮①	用碱量(Na_2O)（%）	16	18	20	22	16	18	20
	粗浆得率（%）	54.5	53.0	52.8	51.8	56.2	51.8	50.3
	硬度($KMnO_4$值)	12.3	11.6	10.9	8.2	13.6	12.5	10.7
	黑液残碱(g/l)	4.2	6.1	8.1	10.2	5.5	8.2	10.1
纸浆化学组成	α-纤维素(%)	87.9				87.8		
	聚戊糖(%)	17.9				15.9		
纸浆纤维量度	平均长度(mm)	0.77				0.98		
	平均宽度(μm)	27.3				29.5		
	长宽比	28				30		
浆张物理强度	撕裂因子(kPa)	84				82		
	相对耐破度	568.4	(5.8kg/cm²)			705.6	(7.2kg/cm²)	
漂白	用氯量(%)	6				6		
	白　度(%)	83				82		

① 蒸煮条件为：硫化度25%，液比1:5，最高温度170℃，升温时间1.5小时，保温2小时

2. 北京地区七种速生杨木

表4-5-4为北京地区七种杨木硫酸盐制浆试验的结果。

表4-5-4　　北京地区七种速生杨木制浆试验

		加拿大杨	群众杨	毛白杨	北京杨	毛新杨	意大利-214	小黑杨
相对密度		0.45	0.39	0.53	0.42	0.45	0.33	0.43
纤维量度	平均长度(mm)	0.94	0.94	0.82	0.75	0.88	0.88	0.86
	平均宽度(μm)	24.8	19.8	20.8	21.7	25.4	23.5	21.0
	长宽比	38.0	47.5	39.5	34.6	34.8	37.5	41.0
	壁腔比	0.65	—	0.81	0.52	0.42	0.53	0.56
化学组成	综纤维素（%）	82.05	78.85	77.50	80.32	82.62	79.71	80.85
	聚戊糖（%）	21.31	20.91	21.06	21.25	24.89	22.64	21.38
	木素　（%）	20.93	23.75	24.15	24.14	17.50	24.52	23.22
蒸煮①	用碱量(Na_2O)（%）	18.0	18　20	18.0	18　20	18.0	18　20	18.0
	得率　（%）	56.4	53.6　51.3	52.2	52.5　51.0	53.0	49.3　48.8	52.7
	卡伯值	17.9	22.9　18.8	19.7	22.0　16.4	17.7	22.8　20.2	19.3
	残碱（g/l）	10.0	8.5　13.1	10.0	8.7　12.7	5.8	7.5　11.9	9.5

① 蒸煮的其它条件为：硫化度25%，液比1:5，最高温度170℃，升温1.5h，保温2 h

续表

			加拿大杨	群众杨	毛白杨	北京杨	毛新杨	意大利-214	小黑杨
未漂浆打浆及物理强度	原浆打浆度(°SR)		16.0	17.5	14.5	15.0	15.0	18.0	15.0
	打浆时间(min)		80	65	75	70	70	64	73
	打浆度(°SR)		41	40	41	39	41	41	40
	裂断长(m)		8300	8660	7520	7932	7600	8400	8200
	伸长率(%)		3.5	3.8	3.1	3.7	3.7	3.9	3.4
	撕裂因子		87	65	85	71	83	76	84
	耐破因子		4.9	5.1	4.0	4.8	4.8	5.5	5.0
	耐折度（次）		3137	1616	1729	919	115	2090	697
漂白①	卡伯值		17.9	18.8	19.7	16.4	17.7	20.2	19.3
	不同有效氯用量漂白的白度(%)（蓝光法）	6%	69.9	73.4	72.3	71.3	71.6	65.5	69.2
		7%	74.0	76.5	75.8	77.7	72.8	73.4	73.8

①漂白是采用单段次氯酸钠法

续表

			加拿大杨	群众杨	毛白杨	北京杨	毛新杨	意大利-214	小黑杨
未漂浆	原浆打浆度(°SR)		16.0	17.3	14.5	15.0	15.0	18.0	15.0
打浆及物理强度	打浆时间(min)		80	65	75	70	70	64	73
	打浆度(°SR)		41	40	41	39	41	41	40
	裂断长(m)		8300	8660	7520	7932	7600	8400	8200
	伸长率(%)		3.5	3.8	3.1	3.7	3.7	3.9	3.4
	撕裂因子		87	65	85	71	83	76	84
	耐破因子		4.9	5.1	4.0	4.8	4.8	5.5	5.0
	耐折度（次）		3137	1616	1729	919	115	2090	697
漂白①	卡伯值		17.9	18.8	19.7	16.4	17.7	20.2	19.3
	不同有效氯用量漂白的白度(%)（蓝光法）	6%	69.9	73.4	72.3	71.3	71.6	65.5	69.2
		7%	74.0	76.5	75.8	77.7	72.8	73.4	73.8

①漂白是采用单段次氯酸钠法

5. 国外杨木

据报道，白杨和山杨混合木片采用硫酸盐法蒸煮，用碱量14～16%Na_2O，硫化度30%，温度160℃，蒸煮时间3小时40分，制得的纸浆的硬度为卡伯值14～18，白度33～38%。在打浆度为30～50°S R时，裂断长8800～9100m。用CEDED漂白到白度86～88%，可制得质量较好的书写纸。

（1）不同蒸煮时间蒸煮白杨的试验见表4-5-4。

（2）不同用碱量及硫化度对杨木蒸煮的影响见图4-5-5。

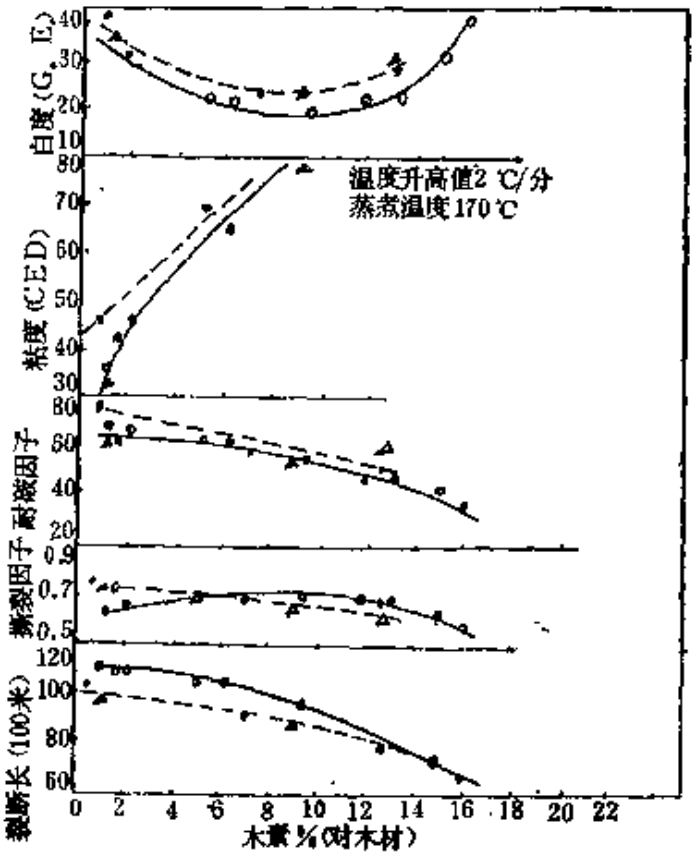


图4-5-5 杨木硫酸盐制浆有效碱和硫化物加入量对纸浆性质的影响（在纸浆游离度为加拿大标准300ml时）

○ 有效碱加入量12% 硫化物加入量 2 %

● 有效碱加入量12% 硫化物加入量45%

△ 有效碱加入量14% 硫化物加入量 2 %

表4-5-5　　烧碱法蒸煮白杨其不同蒸煮时间的结果

在最高温度下蒸煮时间 (h)	得率 (%)	木素含量 (%)		木素溶出率 (%) (对木材)	碳水化合物含量① (%)		碳水化合物溶出率(%) (对最初含量)
		对绝干木材	对绝干浆		对绝干木材	对绝干浆	
0	〔100〕	〔23.4〕	—	—	〔62.1〕	—	—
0.5	—	18.9	—	19.22	57.9	—	8.2
1.5	60.5	4.8	7.9	79.55	55.0	91.0	11.4
2.0	57.5	3.2	5.6	86.3	53.6	93.3	13.7
3.0	55.0	1.4	2.5	94.0	53.3	97.0	15.8
4.0	52.5	0.9	1.7	96.0	51.0	97.1	19.5
5.0	52.0	0.8	1.5	96.5	50.4	96.9	20.2
7.0	49.4	0.7	1.4	97.0	48.0	97.4	24.0

① 采用Cross和Bevan方法测定

（3）不同制浆方法的杨木浆的物理强度比较见表4-5-6。

表4-5-6　不同制浆方法的杨木浆的物理强度比较

	耐破指数 (kPa·m²/g)	撕裂指数 (mN·m²/g)	破裂-撕裂(%)(以漂白中性亚硫酸盐半化学浆为100%计算)	
硫酸盐浆（未漂）	1.08	7.6	82	71
硫酸盐浆（漂白）	0.96	9.2	73	86
烧碱法浆（未漂）	0.78	7.6	59	71
烧碱法浆（漂白）	0.60	6.1	45	57
亚硫酸盐浆（未漂）	0.60	6.1	45	57
中性亚硫酸盐半化学浆（漂白）	1.32	10.7	100	100
中性亚硫酸盐半化学浆（未漂）	0.96	8.7	73	81

（三）桦木制浆

桦木是一种优良的造纸用阔叶材，在国外除了用于生产中性亚硫酸盐半化学浆外，还大量用于生产漂白硫酸盐浆。桦木浆配以一定数量的长纤维浆，可生产高级印刷纸及涂布原纸等。

1. 桦木浆的物理性能

表4-5-7和表4-5-8列出国外几种不同制浆方法的桦木浆的物理性能。

比较表4-5-7和4-5-8所列的几种制浆方法，可以看出：桦木硫酸盐法制漂白浆，具有得率较高、氯耗较低和纸浆各项物理性能较好的特点。但在同一打浆度时，硫酸盐浆的打浆时间较长。

2. 桦木在硫酸盐法蒸煮中碳水化合物的变化（见表4-5-9）。

表4-5-7　　几种不同制浆方法的未漂桦木浆的物理性能

制浆方法	得率 (%)	打浆时间 (min) 打浆度 (°SR) 30	50	耐破因子 打浆度 (°SR) 30	50	撕裂因子 打浆度 (°SR) 30	50	断裂长(m) 打浆度 (°SR) 30	50	紧度 (g/cm³) 打浆度 (°SR) 30	50
硫酸盐法	60	29	43	61	71	153	140	9800	10900	0.72	0.80
	56	32	48	67	77	165	155	9600	11000	0.75	0.83
中性亚硫酸盐半化学法	74	25	41	37	52	130	120	8100	8100	0.58	0.69
	71	17	31	38	54	130	125	6300	8600	0.61	0.70
亚硫酸钙盐法	62	15	29	37	50	120	115	5800	7400	0.65	0.74
	54	21	35	46	57	130	120	7400	9100	0.72	0.81
亚硫酸镁盐法	62	23	44	44	61	140	125	7500	10000	0.66	0.75
	53	28	45	49	57	150	140	7700	8000	0.73	0.80
亚硫酸钠盐法	64	19	31	45	58	140	135	7600	9400	0.63	0.71
	53	25	43	47	58	145	140	7600	9500	0.69	0.77

表4-5-8　　几种不同制浆方法的漂白桦木浆的物理性能

制浆方法	氯耗 (对浆) (%)	得率 (对木材) (%)	打浆时间 (min) 打浆度 (°SR) 30	50	耐破因子 打浆度 (°SR) 30	50	撕裂因子 打浆度 (°SR) 30	50	裂断长 (m) 打浆度 (°SR) 30	50	紧度 (g/cm³) 打浆度 (°SR) 30	50
硫酸盐法	12.9	53	66	102	67	80	185	170	8800	10800	0.75	0.81
	5.7	53	69	113	64	78	175	160	8700	10700	0.76	0.82
中性亚硫酸盐半化学法	24.1	60	13	30	62	78	150	125	8300	11200	0.74	0.80
	18.4	58	24	48	63	76	150	135	8700	10800	0.74	0.79
亚硫酸钙盐法	17.6	50	35	63	52	63	130	120	7400	9100	0.80	0.86
	8.4	49	35	97	55	66	135	120	8000	9400	0.78	0.83
亚硫酸镁盐法	16.0	51	36	70	58	70	165	145	7800	9700	0.80	0.86
	6.2	49	83	133	54	65	155	140	8000	9500	0.77	0.82
亚硫酸钠盐法	10.9	53	36	61	60	73	155	145	8900	10700	0.75	0.82
	6.4	50	82	138	55	68	150	140	7300	9400	0.78	0.82

表4-5-9　桦木在硫酸盐法蒸煮①中碳水化合物的变化

有效碱用量(NaOH)(%)		16	17.5	20	22.5
在170℃蒸煮时间(min)		240	120	50	40
蒸煮终点pH值		11.0	12.3	13.0	13.2
总得率 (%)		53.9	52.8	51.5	50.7
蒸煮硬度（卡伯值）		19.5	19.3	19.2	18.4
碳水化合物 (%) (对木材)	总得率(%)	51.7	50.5	49.3	48.7
	聚木糖(%)	16.9	15.8	15.0	13.8
	纤维素(%)	34.8	34.7	34.3	34.9
聚木糖中的糖醛酸 (%)		3.5	3.0	2.5	2.0
糖的组成 (%)	木 糖(%)	31.8	30.6	29.9	27.8
	葡萄糖(%)	68.2	69.4	70.1	72.2

① 蒸煮的其它条件：硫化度25%，液比1:4，升温70℃至170℃，2h，最高温度170℃

3. 桦木硫酸盐法蒸煮用碱量对纸浆物理性能的影响（见表4-5-10）。

4. 国外桦木的硫酸盐法制浆

国外如芬兰、瑞典、波兰和捷克斯洛伐克等国都大量使用桦木制取硫酸盐浆，一般蒸煮用有效碱为13～18%，硫化度25%左右，最高温度160～172℃，液比1:3～1:4，升温时间2h左右，保温1～4h。纸浆得率较高，为50～70%，其漂白浆的物理强度特别是撕裂度比其它方法制得的桦木浆高，故认为桦木采用硫酸盐法制得的化学浆较好。

表4-5-10　不同用碱量硫酸盐法蒸煮①桦木浆的性质

有效碱(NaOH)(%)	170℃保温时间(min)	蒸煮终点pH值	总得率(%)	卡伯值	单球磨转速(r/min)	打浆度(°SR)	裂断长(m)	耐破因子	撕裂因子
16.0	240	11.0	53.9	19.5	0	16	5600	27	89
					1000	20	9400	59	94
					2200	27	10000	66	84
					3000	31	10500	69	78
					3600	35	10300	68	80
17.5	120	12.3	52.8	19.3	0	16	5200	23	80
					1000	19	8400	56	100
					2300	24	10300	67	85
					3300	32	9900	68	92
					3600	35	10200	69	93
20.0	50	13.0	51.5	19.2	0	16	5200	22	97
					1000	19	8100	53	105
					2000	24	8700	57	102
					3300	30	9600	66	98
					3900	35	10200	66	88
22.5	40	13.2	50.7	18.4	0	16	4800	19	90
					1000	19	7200	42	109
					2300	24	8500	55	107
					3500	29	9100	61	104
					4600	35	9200	64	99

① 蒸煮的其它条件：硫化度25%，液比1:4，升温70℃至170℃，2h，最高温度170℃

（四）桉木制浆

桉属树种很多，但用于制浆造纸的仅十余种。桉木制浆首要的问题是：选择相对密度适宜的树种、适宜的树龄（要求心材较小）以及适宜的制浆方法。早期研究采用的制浆方法有烧碱法、硫酸盐法、冷碱法、中性亚硫酸盐法和化学机械法等。但从近年国外投产的新厂来看，以采用硫酸盐法生产化学浆的较多。

表4-5-10　　不同用碱量硫酸盐法蒸煮①桦木浆的性质

有效碱(NaOH)(%)	170℃保温时间(min)	蒸煮终点pH值	总得率(%)	卡伯值	单球磨转速(r/min)	打浆度(°SR)	裂断长(m)	耐破因子	撕裂因子
16.0	240	11.0	53.9	19.5	0	16	5600	27	89
					1000	20	9400	59	94
					2200	27	10000	66	84
					3000	31	10500	69	78
					3600	35	10300	68	80
17.5	120	12.3	52.8	19.3	0	16	5200	23	80
					1000	19	8400	56	100
					2300	24	10300	67	85
					3300	32	9900	68	92
					3600	35	10200	69	93
20.0	50	13.0	51.5	19.2	0	16	5200	22	97
					1000	19	8100	53	105
					2000	21	8700	57	102
					3300	30	9600	66	98
					3900	35	10200	66	88
22.5	40	13.2	50.7	18.1	0	16	4800	19	90
					1000	19	7200	42	109
					2300	24	8500	55	107
					3500	29	9100	61	104
					4600	35	9200	64	99

① 蒸煮的其它条件：硫化度25%，液比1:4，升温70℃至170℃，2 h，最高温度170℃

（四）桉木制浆

桉属树种很多，但用于制浆造纸的仅十余种。桉木制浆首要的问题是：选择相对密度适宜的树种、适宜的树龄（要求心材较小）以及适宜的制浆方法。早期研究采用的制浆方法有烧碱法、硫酸盐法、冷碱法、中性亚硫酸盐法和化学机械法等。但从近年国外投产的新厂来看，以采用硫酸盐法生产化学浆的较多。

桉木漂白硫酸盐浆的显著特点是松厚度好和不透明度高，适宜于制造各种印刷纸*、书写纸和卫生用薄纸。

国际上桉木制浆造纸发展的概况见表4-5-11。

近年来，我国不少研究单位开展对桉树等速生材制浆造纸的研究，制浆试验的桉树品种有窿缘桉、柠檬桉、雷林一号桉、草律桉、柳桉、兰桉、云南直干兰桉及赤桉等。

1. **桉树的特性及其与制浆造纸的关系**

影响桉树制浆性能的主要因素是木材的相对密度以及抽出物的含量与成份。一般说来，老龄树相对密度大，抽出物含量也较高。

（1）桉木的相对密度：桉树属的相对密度变化范围很大，在0.1至1.0之间。澳大利亚桉树的相对密度为0.3至1.0。工业上常用的王桉，相对密度平均值为0.5。相对密度小的桉木，由于其细胞壁较薄，纸浆质量较好，成纸结合强度较高。用于制浆的桉木相对密度平均值不宜超过0.7。

（2）桉木的抽出物：大部分为高分子化合物，属于多酚类物质，大多数存在于心材中。多酚类化合物中包含有鞣花酸、没食子酸、鞣花单宁酸、鞣酸等及其共聚物。桉木的抽出物含量主要决定于树种及树龄。老龄树中的稀碱液抽出物含量通常约为20%左右。抽出物中含有一小部分游离的鞣花酸，其含量随树龄的增加而增多。鞣花酸是一种强酸，在高温高压下，易生成粘性聚合物，给制浆和碱回收带来许多困难。

桉木抽出物对制浆和碱回收的影响：

① 降低纸浆得率。

② 中和碱性蒸煮液，增加蒸煮用碱量。

③ 降低药液对木片的渗透性能。

* 根据国外资料，桉木浆的导管较多，所生产的胶版印刷纸在印刷时容易掉毛，需采取适当的措施解决。

桉木漂白硫酸盐浆的显著特点是松厚度好和不透明度高，适宜于制造各种印刷纸*、书写纸和卫生用薄纸。

国际上桉木制浆造纸发展的概况见表4-5-11。

近年来，我国不少研究单位开展对桉树等速生材制浆造纸的研究，制浆试验的桉树品种有窿缘桉、柠檬桉、雷林一号桉、草律桉、柳桉、兰桉、云南直干兰桉及赤桉等。

1. 桉树的特性及其与制浆造纸的关系

影响桉树制浆性能的主要因素是木材的相对密度以及抽出物的含量与成份。一般说来，老龄树相对密度大，抽出物含量也较高。

（1）桉木的相对密度：桉树属的相对密度变化范围很大，在0.1至1.0之间。澳大利亚桉树的相对密度为0.3至1.0。工业上常用的王桉，相对密度平均值为0.5。相对密度小的桉木，由于其细胞壁较薄，纸浆质量较好，成纸结合强度较高。用于制浆的桉木相对密度平均值不宜超过0.7。

（2）桉木的抽出物：大部分为高分子化合物，属于多酚类物质，大多数存在于心材中。多酚类化合物中包含有鞣花酸、没食子酸、鞣花单宁酸、鞣酸等及其共聚物。桉木的抽出物含量主要决定于树种及树龄。老龄树中的稀碱液抽出物含量通常约为20%左右。抽出物中含有一小部分游离的鞣花酸，其含量随树龄的增加而增多。鞣花酸是一种强酸，在高温高压下，易生成粘性聚合物，给制浆和碱回收带来许多困难。

桉木抽出物对制浆和碱回收的影响：

① 降低纸浆得率。

② 中和碱性蒸煮液，增加蒸煮用碱量。

③ 降低药液对木片的渗透性能。

* 根据国外资料，桉木浆的导管较多，所生产的胶版印刷纸在印刷时容易掉毛，需采取适当的措施解决。

表4-5-11　　国外利用桉木制浆造纸一览

国别	主要桉木品种	制浆方法	试验年代	开始生产年代
安哥拉	柳桉	硫酸盐法		1962～1963
阿根廷	桉木及其它阔叶木	硫酸盐法和中性亚硫酸盐法		
澳大利亚	巨桉、斜叶桉、大桉、王桉、多枝桉、山白蜡桉、兰桉	冷碱法、硫酸盐法、中性亚硫酸盐法、化学机械法、机械法	1914～1918	1939
巴西	柳桉、杨桉、细叶桉、兰桉	硫酸盐法、亚硫酸盐法、化学机械法	1925～1927	1927
智利	兰桉、多枝桉、柠檬桉	硫酸盐法		
印度	兰桉、巨桉、杂交桉	硫酸盐法、冷碱法、机械化	1942	1962
意大利	赤桉、多枝桉、柳桉	硫酸盐法、中性亚硫酸盐法、冷碱法，机械法	1954	1965～1966
葡萄牙	兰桉、赤桉、柳桉	硫酸盐法、中性亚硫酸盐法、预水解-硫酸盐法	1900～1920	1906～1920
南非	柳桉、巨桉	硫酸盐法、亚硫酸盐法、中性亚硫酸盐法	1943	1944
西班牙	兰桉、赤桉	亚硫酸盐法、硫酸盐法	1945～1950	1945～1950

④ 产生深色的纸浆。

⑤ 堵塞设备管道。

⑥ 妨碍黑液的浓缩，降低蒸发效率。

⑦ 与铁反应造成腐蚀或着色。

⑧ 与金属反应生成螯合物，沉积在器壁上和管道中形成腐蚀层。

2. 国内几种桉树的硫酸盐法制浆造纸试验

硫酸盐法制浆试验结果见表4-5-12。桉木硫酸盐漂白浆在试验用小长网纸机上的抄纸情况见表4-5-13。

表4-5-12　　几种桉木硫酸盐制浆试验

		雷林一号桉			隆缘桉			柠檬桉	草律桉	柳桉
		4年生	6年生	15年生	4年生	6年生	15年生	15年	9年	
原料情况	胸径(cm)	6.7	10.4	19.0	6.3	8.0	13.7	12.2	14	
	风干容重(g/cm³)	0.667	0.633	0.765	0.582	0.697	0.874	0.766	0.57	
	每亩产材量(m³)	3.6			2.9	4.9	12.5 (16年生)	3.7 (4年生) 7.2 (6年生)		
蒸煮条件及结果	用碱量(Na_2O)(%)	15	16	16	14	14	17	14	16	14
	硫化度(%)	16	16	16	16	16	16	16	25	
	液比	1:4	1:4	1:4	1:4	1:4	1:4	1:4	1:4	
	最高温度(℃)	160	160	160	170	170	170	170	170	160
	保温时间(时：分)	1:30	1:30	1:30	2:00	2:00	2:00	2:00	1:30	3:00
	蒸煮得率(%)	52.2	49.9	50.4	51.6	48.2	45.2	54.3	50.6	51
	硬度 (卡伯值)	29.4	23.3	31.5	17.6	19.1	23.0	18.2		
	($KMnO_4$值)								15.7	11～13

续表

		雷林一号桉			隆缘桉			柠檬桉	草律桉	柳桉
		4年生	6年生	15年生	4年生	6年生	15年生	15年	9年	
漂白	漂白用氯量（%）	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5		6
	单段漂 白度（盐光）（%）	74.6	72.0	57.4	76.0	75.2	65.6	74.2		55～60①
	三段漂 白度（蓝光）（%）	81.0	79.0	70.2	79.8		78.2	76.4		
未漂浆手抄纸强度	打浆度(°SR)	45	45	48	40.5	44.5	47	39.5		
	裂断长(m)	6500	6430	5390	7460	7630	6490	6330		
	撕裂因子	78.8	72.0	68.2	67.1	77.0	71.6	45.0		
	耐破因子	53.1	47.9	34.8	48.3	52.5	38.2	44.1		
	耐折度 双次	410	349	103	742	776	253	409		

① 浆发黄，返黄严重

表4-5-13　三种桉木漂白硫酸盐浆①抄纸结果

	雷林一号桉			窿缘桉			柠檬桉
	6年生	6年生	15年生	4年生	6年生	15年生	15年生
定　量（g/m²）	50.2	52.4	55.4	50.4	49.2	49.4	58.4
白　度（蓝光法）（%）	76.4	77.3	73.4	74.6	77.7	73.2	76.4
施胶度（mm）	>0.75	>0.75	>0.75	>0.75	>0.75	>0.75	>0.75
裂断长（纵向）（m）	7040	6650	5750	6370	6870	6000	7240
（横向）（m）	3030	2866	3132	2310	2940	2940	3020
平滑度（正面）（s）	28.3	26.1	24.0	19.8	27.9	24.3	35.0
（反面）（s）	15.7	12.5	9.7	9.3	11.0	8.4	15.5
横向耐折度（次）	11	11	12	10	13	10	13

① 浆料打浆度40°SR。

试验结果表明：雷林一号桉等三种桉木具有蒸煮用碱量较低、得率较高和纸浆漂白较容易的优点，其中树龄小者更为明显。抄出的纸页均匀度好、平滑、细腻，有较高的耐折度和抗张强度。

3. 桉木浆的漂白性能

表4-5-14～表4-5-16分别列出五种桉木浆单段漂白试验结果及柠檬桉烧碱蒽醌（AQ）浆不同漂白方法的比较。

表4-5-14　五种桉木浆漂白试验结果

浆种①	雷林一号桉	草律桉		柠檬桉	
	硫酸盐浆	硫酸盐浆	烧碱-AQ浆	硫酸盐浆	烧碱-AQ浆
硬度（$KMnO_4$值）	11.8	14.3	13.6	12.6	10.37
未漂浆聚合度②	985	1108	928	1109	1072
未漂浆白度（蓝光）（%）	30	26.2	29	22	27.8
漂率（有效氯）（%）	5.69	6.3	6.3	6.04	5.7
残氯（有效氯）（g/l）	0.79	0.42	0.44	0.58	0.82

续表

浆种	雷林一号桉	草律桉		柠檬桉	
	硫酸盐浆	硫酸盐浆	烧碱-AQ浆	硫酸盐浆	烧碱-AQ浆
漂白浆白度③(蓝光)(%)	71.7	67.6	65	67	67.6
老化后白度(蓝光)(%)	66.7	62.8	60.8	62.3	62.8
返黄值	2.7	3.2	3.2	3.2	3.2
漂白终点 pH值	8.1	8.1	8.2	8.2	8.4
漂白浆聚合度		790	650	763	754

① 五种浆均以相同的用碱量蒸煮

② 聚合度的测定采用铜氨溶液法

③ 漂白条件：用氯量7%，浆浓度6%，温度40±1℃，时间150min

表4-5-15 五种桉木浆物理强度测定①

			裂断长(m)	撕裂度 (mN)	(g)	耐破度 (kPa)	(kg/cm²)	耐折度(次)
漂白浆	雷林一号桉硫酸盐漂白浆		6860	539	55	304	3.1	180
	草律桉	硫酸盐漂白浆	8050	637	65	323	3.3	413
		烧碱-AQ漂白浆	6060	441	45	245	2.5	59
	柠檬桉	硫酸盐漂白浆	6260	666	68	265	2.7	207
		烧碱-AQ漂白浆	6630	676	69	284	2.9	146
未漂浆	草律桉	硫酸盐未漂浆	7730	598	61	294	3.0	256
		烧碱-AQ未漂浆	7050	578	59	284	2.9	159
	柠檬桉	硫酸盐未漂浆	7020	608	62	255	2.6	122
		烧碱-AQ未漂浆	6450	608	62	274	2.8	68

① 各种浆的打浆度均为40°SR，浆张定量为70g/m²

表4-5-16 柠檬桉烧碱-AQ浆①不同漂白方法的比较

	单段漂	两段漂		三段漂			四段漂			
	H	H_1	H_2	C	E	H	C	E	H	D②
用氯量(%)	6	4.2	1.8	4.2		1.8	4.2		1.32	
NaOH用量(%)					2			2		
ClO_2用量(%)										0.48
浆料浓度(%)	6	6	6	4	6	6	4	6	6	10

续表

	单段漂	两段漂		三段漂			四段漂			
	H	H_1	H_2	C	E	H	C	E	H	D②
漂白温度（℃）	40	40	40	室温	70	40	室温	70	40	70
漂白时间（min）	180	60	120	60	60	120	60	60	120	200
漂浆白度（蓝光）（%）	72.4		74.9			75.6				80.2
老化白度（蓝光）（%）	65.9		68.2			67.6				74.6
返黄值	3.6		3.2			3.8				1.9
聚合度	588		648			721				854

① 未漂浆硬度（$KMnO_4$）10.4，聚合度1082

② D段漂白后用SO_2水溶液洗涤

（五）混合阔叶木制浆

我国东北林区采伐加工的剩余物中，阔叶木枝桠材和小径材为数不少，若加工成商品木片，将是一个相当可观的造纸资源。

这些混合材种主要有：枫桦、白桦、柞木、糠椴、青杨、水曲柳、山榆、色木等，有时混有少量针叶木，其组成比例因地因时而异。经试验用硫酸盐法蒸煮，三段漂白，制得的漂白浆可以用于抄造一号凸版纸，搭配适量针叶木浆可抄造中档书写纸。表4-5-17和表4-5-18分别列出制浆及抄纸中试的结果。

（六）硫酸盐法针、阔叶木混合蒸煮

1. 国内针、阔叶木混合蒸煮试验

针叶木与适当比例的阔叶木混合蒸煮，能获得质量较好的浆料。据国内有些工厂的实践认为，混合蒸煮可以简化工艺流程，便于生产操作管理，对扩大资源、降低成本均有好处。针叶木与阔叶木按不同比例混合蒸煮对浆的得率、硬度及强度的影响列于表4-5-19和表4-5-20。

表4-5-17　　林区混合阔叶木片制浆中试结果

试验项目 \ 不同产地的木片	T1	T2	T3₁	T3₂	X	C1₁	C1₂	C2
蒸煮① 总活性碱（Na_2O）（%）	20		17		17	17	20	17
蒸煮① 粗浆得率（%）	47.0	46.7	47.4	47.2	53.1	50.7	48.9	53.2
蒸煮① 卡伯值	20.7	20.2	25	20.7	20.6	13.3	12.8	19.9
洗选和漂白② 筛选浆平均得率（%）	43.6		41.1		49.5	47.3	45.6	49.6
洗选和漂白② 漂白总用氯量(有效氯)(%)	9	11	9	11	11	10	10	10
洗选和漂白② 白　　度（%）	62.1	69.1	61.8	66.1	62.1	71.1	68.4	66.7
洗选和漂白② 漂白、洗涤总损失（%）	4.8	5.0	5.0	5.2	5.0	5.4	5.7	4.6
洗选和漂白② 漂白浆得率（%）	41.5	41.4	41.9	41.8	47	44.7	43.0	47.3

① 其它蒸煮条件：1m³蒸球，直接通汽，最高温度165℃；升温3h，于196kPa（2kg/cm²）压力时小放汽一次，保温2h；大放汽至294kPa（3kg/cm²）喷放。硫化度15%，液比1:2:2。

② 漂白采用HEH三段漂。H_1段用氯占总有效氯的65～80%，开始pH 10～11，终点pH8～9，时间2～2.5h。E段NaOH用量1%，时间1h。H_2段开始pH10～11，终点pH8～9，时间3h。各段浆浓度3.5～4.5%，温度37～40℃。

表4-5-18　　林区混合阔叶木片浆抄纸中试结果

试验项目 \ 不同产地木片制得的浆	T1	T3₋₁	T3₋₂	X	C1₋₁	C2	T3₋₁	T2	C1₋₂
品　种	凸版纸①							书写纸①	
配　比②	100%混合阔叶木浆③						配60%亚硫酸盐节浆	配50% B_1木浆③	配30% B_1木浆
定　量（g/m^2）	52.2	50.6	51.6	49	48.8	48	52.6	67.4	58.4
紧　度（g/cm^3）	0.72	0.75	0.72	0.72	0.67	0.71	0.69	0.76	0.70
白　度（蓝光法）（%）	65.9	63	66.7	64.7	69.5	63.5	71.2	72.1	71
不透明度（%）	94	91	91.5	87.6	85	89	91	—	—
尘埃度，0.2～2.0mm（个/m^2）	56	24	16	48	80	64	46	64	80
裂断长（m）	3420	4330	4270	3920	4070	3820	3130	3940	4000
耐折度（双次）	5	14	7	7	8	6	5	7	8

① 纸机为试验用双圆网双供缸纸机，车速9～11m/min。

② 纸料中加滑石粉，25%，品蓝8mg/kg浆；施松香胶。书写纸另加增白剂0.04%。

③ 打浆度：阔叶木浆40°SR，B_1木浆45°SR。

表4-5-19　　落叶松与杨木混合蒸煮试验

		材种（%）									
		落叶松	杨木	落叶松	杨木	落叶松	杨木	落叶松	杨木	落叶松	杨木
		100	0	90	10	80	20	0	100	0	100
用碱量(Na_2O)(%)		16.5		16.5		16.5		16.5		15	
细浆得率(%)		43.7		43.6		44.3		41.7		42.8	
硬　度（卡伯值）		37.5		35.8		32.3		12.4		16	
20°SR时浆张强　度	打浆时间(min)	115		115		110		90		90	
	裂断长(m)	6672		6576		7413		6539		6684	
	撕裂度(mN)	1960(200g)		1725(176g)		1607(164g)		548.8(56g)		490(50g)	
	耐破度(kPa)	433.2		424.3		418.5		350.8		346.9	
		(4.42kg/cm²)		(4.33kg/cm²)		(4.27kg/cm²)		(3.58kg/cm²)		(3.54kg/cm²)	

蒸煮条件：硫化度23.7%，液比1:4，最高温度170℃，升温2h，保温1h

表4-5-20　　落叶松与桦木混合蒸煮试验

		材种（%）							
		落叶松	桦木	落叶松	桦木	落叶松	桦木	落叶松	桦木
		100	0	90	10	80	20	0	100
用碱量（Na_2O）（%）		16.5		16.5		16.5		13.5	
细浆得率（%）		43.7		43.1		44.0		41	
硬　度（卡伯值）		37.5		35.5		33.2		23.1	
20°SR时浆张的强度	打浆时间（min）	115		110		100		55	
	裂断长（m）	6672		8164		8867		7963	
	撕裂度（mN）	1960(200g)		1842(188g)		1411(144g)		666(68g)	
	耐破度（kPa）	433.16		444.92		442.96		382.2	
		(4.42 kg/cm²)		(4.54 kg/cm²)		(4.52 kg/cm²)		(3.90 kg/cm²)	

蒸煮条件：硫化度23.7%，液比1:4，最高温度170℃，升温2h，保温1h

由表4-5-19和表4-5-20可看出：落叶松与桦木混合蒸煮试验取得较好的结果，桦木掺用量在20%以内，可符合生产纸袋纸用浆的质量要求。

2．国外针、阔叶木混合蒸煮

据报道，利用针叶木（白云杉、铁杉、短叶松）分别与一种阔叶木（赤杨、黄桦、山杨）混合进行硫酸盐法蒸煮，条件为：活性碱14%，硫化度25%，液比1:4.5，最高温度170℃，升温时间137min，保温100min，H因子1745。其浆料的高锰酸钾值比相应的针叶木浆低，故混合材的蒸煮比针叶木单独蒸煮的时间短。当H因子较低时，针叶木浆的得率高于阔叶木浆，因为后者脱木素速度较快。因此，针叶木中掺用10%或20%的阔叶木混合蒸煮，其针叶木部分的纸浆得率要比单独蒸煮时稍低些。但混合材蒸煮的粗浆得率则要比单独蒸煮针叶木时高些。得率大小，不仅

取决于针叶木用量，而且与材种有关。90%针叶木与10%阔叶木的混合浆的强度与针叶木浆差不多。当阔叶木增加到20%时，纸浆强度稍有下降。云杉加阔叶木混合蒸煮，纸浆的撕裂因子有增加的趋势，破裂因子和裂断长则趋于下降，这是由于混合浆硬度较低，除去木素和半纤维素较多所致。在蒸煮混合材时，往往采用比较剧烈的针叶木蒸煮工艺条件，阔叶木容易过煮，但从充分利用木材原料，增加纸浆生产的实际情况出发，混合蒸煮还是有利的。

（七）蒽醌添加量对阔叶木碱法制浆的影响

据国外报道，阔叶木碱法制浆添加蒽醌可获得如下表所列的效果。

	蒽醌添加量0.025～0.05%
硫酸盐法	① 用碱量和H因子降低10% ②得率提高1～2%
烧碱法	① 用碱量和H因子降低10% ② 得率提高2.5～3.5% ③ 烧纸浆质量比烧碱法好

阔叶木碱法蒸煮添加蒽醌对卡伯值及得率的影响见图4-5-6。

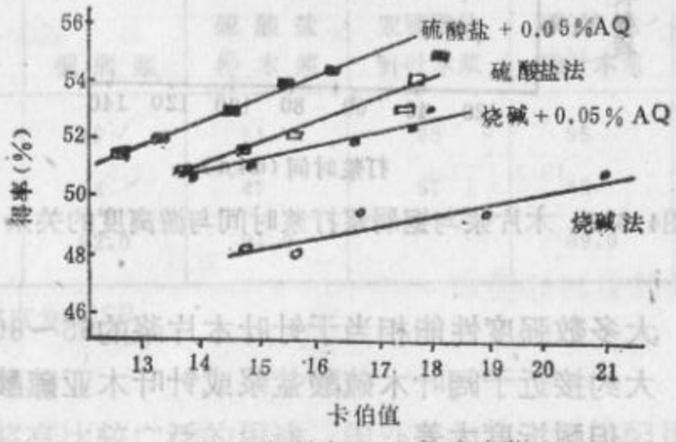


图4-5-6　美国北方混合阔叶木碱法蒸煮添加蒽醌对卡伯值和得率的影响

取决于针叶木用量，而且与材种有关。90%针叶木与10%阔叶木的混合浆的强度与针叶木浆差不多。当阔叶木增加到20%时，纸浆强度稍有下降。云杉加阔叶木混合蒸煮，纸浆的撕裂因子有增加的趋势，破裂因子和裂断长则趋于下降，这是由于混合浆硬度较低，除去木素和半纤维素较多所致。在蒸煮混合材时，往往采用比较剧烈的针叶木蒸煮工艺条件，阔叶木容易过煮，但从充分利用木材原料，增加纸浆生产的实际情况出发，混合蒸煮还是有利的。

（七）蒽醌添加量对阔叶木碱法制浆的影响

据国外报道，阔叶木碱法制浆添加蒽醌可获得如下表所列的效果。

	蒽醌添加量0.025～0.05%
硫酸盐法	① 用碱量和H因子降低10% ②得率提高1～2%
烧碱法	① 用碱量和H因子降低10% ② 得率提高2.5～3.5% ③ 烧纸浆质量比烧碱法好

阔叶木碱法蒸煮添加蒽醌对卡伯值及得率的影响见图4-5-6。

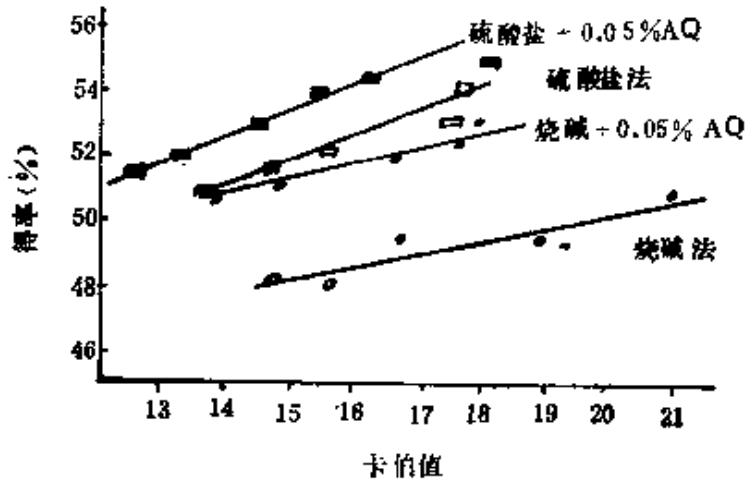


图4-5-6 美国北方混合阔叶木碱法蒸煮添加蒽醌对卡伯值和得率的影响

二、锯 屑 制 浆

锯屑作为造纸原料的试验工作开始于1950年前后，随着制浆造纸技术的不断发展，针叶木锯屑已作为一种独特的原料用于生产漂白木浆，而且具有相当的生产规模。

（一）锯屑浆的特性与用途

1. 特性

（1）易于打浆。与针叶木片浆相比打浆时间要短1/3，见图4-5-7。

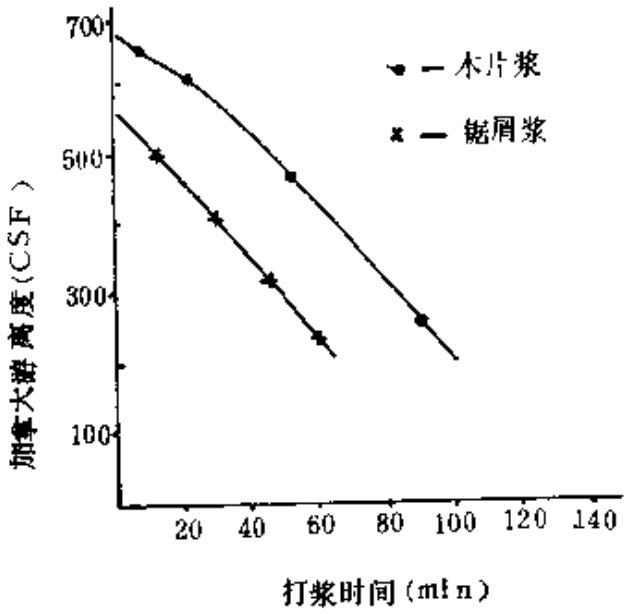


图4-5-7 木片浆与锯屑浆打浆时间与游离度的关系

（2）大多数强度性能相当于针叶木片浆的65～80%（见表4-5-21），大约接近于阔叶木硫酸盐浆或针叶木亚硫酸盐浆（见表4-5-22），但耐折度太差。

（3）透气度较低，不透明度和吸收能力比较高。

二、锯屑制浆

锯屑作为造纸原料的试验工作开始于1950年前后，随着制浆造纸技术的不断发展，针叶木锯屑已作为一种独特的原料用于生产漂白木浆，而且具有相当的生产规模。

（一）锯屑浆的特性与用途

1. 特性

（1）易于打浆。与针叶木片浆相比打浆时间要短1/3，见图4-5-7。

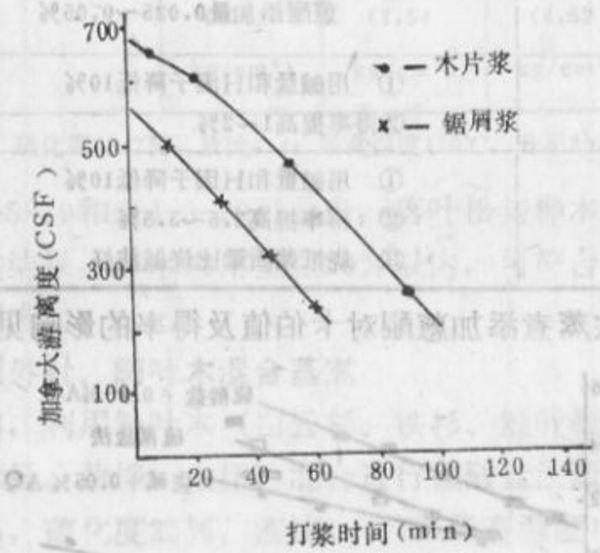


图4-5-7 木片浆与锯屑浆打浆时间与游离度的关系

（2）大多数强度性能相当于针叶木片浆的65～80%（见表4-5-21），大约接近于阔叶木硫酸盐浆或针叶木亚硫酸盐浆（见表4-5-22），但耐折度太差。

（3）透气度较低，不透明度和吸收能力比较高。

表4-5-21 木片浆与锯屑浆典型的强度性能对比

	木片浆	锯屑浆
打浆时间① (min)	93	56
耐破指数 (kPa·m²/g)	8.83	5.88
撕裂指数 (mN·m²/g)	9.32	6.86
耐折度 (MIT)	1635	280
裂断长 (m)	10 750	8500
紧 度 (g/cm³)	0.74	0.73
纤维筛分析 (Bauer-Mc Nett)		
留12目 (%)	47	1
留28目 (%)	34	45
留48目 (%)	8	24
留100目 (%)	3	12
过100目 (%)	8	18

① 浆料游离度250ml（加拿大标准）

表4-5-22 锯屑浆与针叶木浆和亚硫酸盐浆比较

	针叶木锯屑浆	北欧硫酸盐桦木浆	北欧亚硫酸盐针叶木浆	北美硫酸盐阔叶木浆	北美亚酸酸盐针叶木浆
撕裂因子	75	81	88	95	82
耐破因子	54	47	57	48	51
白度 (%)	92.0	91.0		89.0	94

浆料打浆度为32°SR

2. 用途

锯屑浆有比较广泛的用途，国外多与其它浆搭配用于生产挂面纸板、瓦楞芯纸和多种印刷纸等。

（二）锯屑制浆的方法和设备

锯屑制浆以硫酸盐法较合适，其它如中性亚硫酸盐法和亚硫酸氢盐法也可使用。

由于蒸煮液通过锯屑的循环异常困难，因此国外大多采用不带药液循环装置的连续蒸煮器。常用的有：水平管式（潘地亚式）、斜管式（鲍尔M&D，坦培拉式）和塔式（特殊设计的卡米尔式和埃斯科式）连续蒸煮器等（详见本章第十二节）。

（三）国外锯屑制浆

1. 锯屑的规格

锯屑的规格是制浆中一个很重要的因素。芬兰采用通过5～7mm圆孔筛的碎屑作为制浆原料，所得锯屑的平均长度为 3mm，最大不超过10mm。对于长度小于1mm 的细末，认为对成浆质量没有什么关系（注：对锯屑规格问题说法不一，有认为锯屑浆的强度性能与原料颗粒大小很有关系，通常纸浆的强度性能随锯屑颗粒减少而下降*。）

表4-5-23　　国外锯屑筛分析

网　目	4	8	10	20	35	通过（剩余）
筛孔（mm）	4.8	2.4	3.2	0.8	0.4	
存留（%）	19.2	28.0	14.7	21.6	10.5	6.0

2. 锯屑备料的要求

（1）锯屑贮存时间不宜太长，水分不宜太低，否则将影响锯屑的浸渍和蒸煮。

（2）锯屑中的铁器及沙石等硬杂物应除去。

（3）经筛选分离后的锯屑，用输送机送往蒸煮器前的锯屑仓或送往贮料场贮存备用。

* 见J.P.Casey,"Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology" 3rded.,Vol.I,p.425.

表4-5-24　　国外锯屑蒸煮实例

	芬　兰 Tampella公司	瑞　典	日　本 东洋制纸株式会社
生产能力（t/d）	50	60	
锯屑种类及来源	主要是针叶木锯屑	65%由锯材厂来 35%本厂锯屑	洋松—从美国进口 铁杉—从加拿大进口
锯屑规格	通过5～7mm圆孔筛	锯材厂来的，通过10mm圆孔筛。本厂的通过5mm圆孔筛	锯屑长度为1～2mm，100×50mm的木块应予筛去。
蒸煮器型式及规格	Tampella 斜管式连续蒸煮器	卡米尔气相连续蒸煮器，直径 2m，高 10m	鲍尔M&D连续蒸煮器
预汽蒸、浸渍温度（℃）浸渍时间（min）	60～70	120 2～2.5	直接通汽，蒸汽压力1.274kPa（13kg/cm²）
用碱量(Na_2O)(%)	20～25	18～19	
液　比		1:3	
蒸煮温度（℃）	170～180	180	180
蒸煮时间（min）	30	60	30
冷喷放，浆浓度(%)	5		
温度（℃）	130～140		
纸浆得率（%）	43～45		
纸浆硬度　卡伯值	30～50		
蒸汽消耗（t/t浆）	2		
打浆度（°SR）	30		
裂断长（m）	6800		
撕裂面积（m^2）	1.85		
耐破因子	50		
浆料用途	配阔叶木浆生产纸板		

表4-5-24　　国外锯屑蒸煮实例

	芬　兰 Tampella公司	瑞　典	日　本 东洋制纸株式会社
生产能力 (t/d)	50	60	
锯屑种类及来源	主要是针叶木锯屑	65%由锯材厂来 35%本厂锯屑	洋松—从美国进口 铁杉—从加拿大进口
锯屑规格	通过5～7mm圆孔筛	锯材厂来的，通过10mm圆孔筛。本厂的通过5mm圆孔筛	锯屑长度为1～2mm，100×50mm的木块应予筛去。
蒸煮器型式及规格	Tampella 斜管式连续蒸煮器	卡米尔气相连续蒸煮器，直径2m，高10m	鲍尔M&D连续蒸煮器
预汽蒸、浸渍温度(℃)浸渍时间(min)	60～70	120 2～2.5	直接通汽，蒸汽压力1.274kPa (13kg/cm²)
用碱量(Na_2O)(%)	20～25	18～19	
液　比		1:3	
蒸煮温度 (℃)	170～180	180	180
蒸煮时间 (min)	30	60	30
冷喷放，浆浓度(%)	5		
温度 (℃)	130～140		
纸浆得率 (%)	43～45		
纸浆硬度　卡伯值	30～50		
蒸汽消耗 (t/t浆)	2		
打浆度 (°SR)	30		
裂断长 (m)	6800		
撕裂面积 (m^2)	1.85		
耐破因子	50		
浆料用途	配阔叶木浆生产纸板		

锯屑的浸渍和蒸煮。

（2）锯屑中的铁器及沙石等硬杂物应除去。

（3）经筛选分离后的锯屑，用输送机送往蒸煮器前的锯屑仓或送往贮料场贮存备用。

3. 锯屑的蒸煮

锯屑蒸煮用碱量比木片高，多用碱的目的是为了避免在纸浆中出现未蒸解的小颗粒*，国外锯屑蒸煮条件实例列于表4-5-24。

（四）国内锯屑制浆

近年，我国有些厂已使用锯屑制浆，其中有用100%锯屑浆生产书写纸和打字纸，也有些厂用100%锯屑浆生产普通包装纸。蒸煮条件见表4-5-25。

表4-5-25　　国内锯屑制浆实例

		本色浆	漂白浆
蒸煮器型式		蒸球	盆球
装锅量（绝干）（kg/m³）		—	157.5
用碱量（Na_2O）（%）		17	18.6
硫化度（%）		23.5	25
液比		1:2.5	1:2.2
升温时间（时:分）		2:40中间放汽二次	1:00中间放汽一次
最高压力（kPa）		686（7kg/cm²）	588（6kg/cm²）
保温时间（h）		3	5
粗浆得率（%）		50	37
硬度（$KMnO_4$值）		11±1	15～16
成纸物理指标	定量（g/m²）	31.6	
	紧度（g/cm³）	0.65	
	平均裂断长（m）	1940	
	平均撕裂度（mN）	1637（167g）	
	耐破度（kPa）	83.3（0.85kg/cm²）	
	纸张品种	普通包装纸	打字纸、书写纸

*国外称为"鸟籽"（bird seed）

第六节　芦苇、荻、芒秆制浆

一、概　　述

芦苇、荻和芒秆都是我国比较重要的造纸原料。

芦苇是禾本科芦苇属植物，学名是*phragmites Communis Trin*。俗称苇子、芦柴、毛苇、泡苇。

荻是禾本科芒属植物，学名是*Miscanthus Sacchariflorus Benth*，俗称荻子、荻苇、江荻。

芒秆是禾本科芒属植物，学名*Miscanthus Sinensis Anderiss*，俗称芭茅秆、芒垂草。

芦苇、荻和芒秆适合用硫酸盐法、烧碱法以及亚硫酸镁盐法、中性亚硫酸钠法制浆。

由于这三种原料在制浆工艺上所表现的行为基本相似，生产上常常搭配使用、混合蒸煮。但这三种原料的性质也有差异，从成浆难易、纸浆质量、成浆率、原材料消耗等技术经济指标以及纸浆抄造性能来比较，荻优于芦苇和芒秆*。

二、蒸煮对原料质量的要求

原料进厂后，要求按产地、等级区分堆垛贮存。上垛贮存的原料水份不宜超过25～30%，以免霉烂变质。原料垛要定期进行检查，以保证原料质量。

投产原料应按产地、品种、分别使用，先到先用。水份不宜超过20%，霉烂变质的原料不应投入使用。

* 新疆大苇除外

芒秆的髓部含量高，约占全芒重量的11%。髓部吸收性强，蒸煮时耗碱多，漂后白度低。叶部的硅含量最高。从纤维形态看，髓部纤维最短，它和叶部杂细胞含量特别高(见表4-6-1)。这些部位对制浆和浆料质量都有不利的影响。因此，备料工段应把料片的髓、叶、膜、穗、苇尘等尽量除净。蒸煮对原料的质量要求见表4-6-2。

表4-6-1　　芒秆不同部位的化学组成及蒸煮对比

		上部	中部	下部	叶	髓	全秆
原料化学组成	灰　分（%）	2.63	1.86	1.68	4.23	2.26	3.02
	SiO_2（对灰分）（%）	29.81	44.22	46.21	82.55	52.04	—
	SiO_2（对原料）（%）	0.78	0.84	0.78	3.97	1.17	2.24
	冷水抽出物（%）	15.02	11.36	9.95	8.67	11.56	9.68
	热水抽出物（%）	15.93	12.97	11.61	10.48	13.48	10.90
	1%NaOH抽出物（%）	53.69	35.43	32.48	45.60	46.38	—
	木　素（%）	12.63	16.85	18.33	17.65	17.32	16.42
	聚戊糖（%）	24.17	21.81	21.41	25.59	23.62	23.40
	纤维素（%）	33.41	40.07	41.13	39.95	33.85	38.26
蒸煮①结果	NaOH消耗量（%）	18.6	18.4	17.1	17.0	20.5	
	黑液残碱(Na_2O)（g/l）	16.2	15.3	15.9	15.8	10.7	
	粗浆得率（%）	40.3	45.4	44.2	39.9	36.0	
	粗浆硬度($KMnO_4$值)	7.5	7.0	7.9	7.2	6.9	
漂白	用氯量（有效氯%）	4.8	5	4.5	5	5	
	漂后浆白度（%）	80⁺	80⁻	80⁺	80⁺	75	
纤维量度	纤维平均长度（mm）	0.68	0.91	0.92	0.92	0.59	
	杂细胞（个数）（%）	62.6	54.2	60.1	87.5	83.1	

① 蒸煮条件，NaOH用量23.75%，Na_2S用量3.75%，在134℃保温1h，155℃保温2h。

表4-6-2　　蒸煮对原料的质量要求

	原料的外观	料片长[①] (mm)	料片合格率 (%)	料片含尘率 (%)
湖北荻、芒秆	茎秆以灰白、淡黄色为主，黑色腐朽霉烂者不许有	30～60	>90	<1
湖南荻	茎秆以灰白、淡黄色的荻为主，苇极少，黑色腐朽霉烂者不许有。叶藤等杂质含量少于3%	<40	>78	<2
江苏荻、芒秆	茎秆以灰白、淡黄成熟的原料为主，黑色腐朽霉烂严重的不许有	20～25	>90	

① 料片长度是不同厂的实际数据。因各厂的具体情况不同，故数字差别较大。

三、浆料的特征和用途

浆料的特征见表4-6-3。

碱法芦苇、荻、芒秆浆或其混合浆主要用于生产凸版印刷纸，在普通长网纸机上以100%碱法苇浆抄造52g/m²凸版纸，车速可达到240～250m/min。配以一定比例的化学木浆和机械木浆，可在420m/min的车速下正常出纸。搭配不同比例的化学木浆，还可生产胶版印刷纸、胶印书刊纸、铜版原纸、书写纸、打字纸及招贴纸等。

碱法芦苇浆和荻浆制造的凸版纸，在纸页柔软性、弹性、不透明度和吸墨性等均不如用亚硫酸镁盐浆好。但碱法浆中含有的表皮组织和苇膜很少，印刷时很少产生掉毛、糊版的现象，这是生产胶印书刊纸的一个非常重要的优点。

表4-6-3

碱法苇、荻、芒浆的特征

		硫酸盐 荻、苇混合浆（1）	烧碱法 荻苇混合浆	硫酸盐 荻、苇混合浆（Ⅱ）	硫酸盐芒秆浆
未漂浆	硬度（$KMnO_4$值）	7～9	9～11	8～12	—
	粗渣率（%）	<0.1	很少	<3	—
	木素（%）	1.34	1.72～2.3	1.78～2.33	1.8～2.3
	漂率（有效氯）（%）	2～2.5	2.5～3.0	3～4	—
	α-纤维素（%）	—	—	75.7～78.7	—
	聚戊糖（%）	23.3～25.9	22～24	24～26	22～24
	铜价	0.19～0.35	0.22～0.37	0.14～0.27	—
	灰份（%）	—	—	—	2.7～2.9
漂白浆	白度（蓝光法）（%）	60	65	68～74	—
	尘埃度，0.3-3.0mm，mm^2/500g浆	<250	<200	<500	—
	木素（%）	0.3～1.01	0.94～1.82	0.9～1.44	0.1～0.3
	α-纤维素（%）	82.1～83.8	82.2～84.7	77.5～80.8	75.8
	聚戊糖（%）	24.5～25.3	21.5～23.4	24.7～27.2	20～26
	铜价	0.36～0.42	0.34～0.87	0.3～0.95	1.58
	原浆打浆度（°SR）	—	—	16～20	—
	裂断长（m）	—	—	3700～5700	>4500
	撕裂因子	—	—	71.8～105.5	—
	耐破度（kPa）	—	—	—	294（3kg/cm^2）

四、不同制浆方法的比较

（一）硫酸盐法与亚硫酸镁盐法制浆对比

见表4-6-4。

表4-6-4　　湖南荻硫酸盐法与亚硫酸镁盐法制浆对比①

		硫酸盐法荻浆	亚硫酸镁盐法荻浆
蒸煮	蒸煮锅型式、容积	立式强制循环，110m³	立式强制循环，163m³
	用药量	用碱量（Na_2O）11.5%	总酸4.2%，化合酸3.03%
		硫化度　14%	酸比2.6:1
	液　比	1:4.5左右	1:3.0
	升温时间（min）	65～70	105
	蒸煮最高压力、温度	539kPa(5.5kg/cm²)，141～157℃	637kPa(6.5kg/cm²)152℃
	保温时间（h）	0	2
	纸浆得率（%）	51.5	53.3
	未漂浆硬度（卡伯值）	12.8	17.1
	（$KMnO_4$值）	8.5	12.5
漂白②及漂白浆化学组成	用氯量（有效氯）（%）	5	6
	白度（蓝光法）（%）	72.9～73.1	74.9
	聚合度	1270	1160
	α-纤维素（%）	83.66	85.95

续表

		硫酸盐法获浆	亚硫酸镁盐法获浆
漂白②及漂白浆化学组成	聚戊糖（%）	24.97	16.19
	木素（%）	0.72	0.66
	灰份（%）	1.13	4.26
	原浆打浆度（°SR）	18～18.5	23
浆张物理性能	打浆时间（min）	30	30
	打浆度（°SR）	36	36
	裂断长（m）	5720	4840
	撕裂度（mN）	460.6(47g)	235.2(24g)
	耐折度（双折次）	77	27
	湿强度（11.5%干度）（mN）	509.6(52g)	705.6(72g)
	不透明度	82	84
	松厚度（cm^3/g）	2.13	1.89
	纤维平均长度（mm）	1.22	1.19

① 本试验是从生产厂取的未漂细浆，在试验室进行的漂白、打浆和抄纸试验。
② 用次氯酸钠单段漂，浆浓度3.6～4.0%，温度40℃，时间4h，从试验结果看出，硫酸盐获浆比亚硫酸盐获浆。
（1）未漂浆硬度较低。但漂至相同白度时，用氯量较接近。
（2）纸浆得率较低。
（3）纸浆中α-纤维素含量较低，而聚戊糖含量较高。
（4）纸浆灰份较低，不透明度较低。
（5）纸页干强度较高，但湿强度较低。

（二）硫酸盐法与中性亚硫酸盐法制浆的对比

表4-6-5　湖南荻硫酸盐法和中性亚硫酸钠法制浆比较①

		硫酸盐法	中性亚硫酸钠法
蒸煮	用药量	Na_2O 12% 硫化度 15%	Na_2SO_3 17% + Na_2CO_3 2%
	液比	1:4	1:4
	升温时间（h）	1	1
	蒸煮最高温度（℃）	162	170
	蒸煮最高压力（kPa）	588（6kg/cm²）	784（8kg/cm²）
	保温时间（h）	1	2
蒸煮结果	筛渣率（%）	0.35	1.15
	筛后浆得率（%）	54.74	60.93
	筛后浆高锰酸钾值	8.0	9.06
	筛后浆灰份（%）	0.795	4.63
	筛后浆中SiO_2（%）	0.377	3.976
	筛后浆聚戊糖（%）	24.29	24.57
漂白②	总用氯量（%）	5	4
	漂浆得率（对原料）（%）	48.9	54.43
	浆张白度（蓝光法）（%）	78.9	80.7
	打浆度（°SR）	15	14.5
浆张物理性能③	打浆度（°SR）	31	32
	裂断长（m）	5373	5880
	撕裂度（mN）	777.1(79.3g)	787(80.3g)
	耐破度（kPa）	306.74(3.13kg/cm²)	321.44(3.28kg/cm²)
	耐折度（双次）	23	19

① 本试验是试验室小型试验
② 漂白用CEH三段漂
③ 抄片定量100g/m²

由试验结果可看出，中性亚硫酸钠荻浆优于硫酸盐荻浆，其表现为：

（1）纸浆得率较高。三段漂后浆得率高6%，达54%。

（二）硫酸盐法与中性亚硫酸盐法制浆的对比

表4-6-5　湖南荻硫酸盐法和中性亚硫酸钠法制浆比较①

		硫酸盐法	中性亚硫酸钠法
蒸煮	用药量	Na_2O 12% 硫化度 15%	$Na_2SO_3$17% + $Na_2CO_3$2%
	液比	1:4	1:4
	升温时间（h）	1	1
	蒸煮最高温度（℃）	162	170
	蒸煮最高压力（kPa）	588（6kg/cm²）	784（8kg/cm²）
	保温时间（h）	1	2
蒸煮结果	筛渣率（%）	0.35	1.15
	筛后浆得率（%）	54.74	60.93
	筛后浆高锰酸钾值	8.0	9.06
	筛后浆灰份（%）	0.785	4.63
	筛后浆中SiO_2（%）	0.377	3.976
	筛后浆聚戊糖（%）	24.29	24.57
漂白②	总用氯量（%）	5	4
	漂浆得率（对原料）（%）	48.9	54.43
	浆张白度（蓝光法）（%）	78.9	80.7
	打浆度（°SR）	15	14.5
浆张物理性能③	打浆度（°SR）	31	32
	裂断长（m）	5373	5880
	撕裂度（mN）	777.1(79.3g)	787(80.3g)
	耐破度（kPa）	306.74(3.13kg/cm²)	321.44(3.28kg/cm²)
	耐折度（双次）	23	19

① 本试验是试验室小型试验

② 漂白用CEH三段漂

③ 抄片定量100g/m²

由试验结果可看出，中性亚硫酸钠荻浆优于硫酸盐荻浆，其表现为：

（1）纸浆得率较高。三段漂后浆得率高6%，达54%。

（2）浆料洗涤、漂白及打浆均较容易，耗氯量低1%。

（3）纸浆灰分高。而硫酸盐法蒸煮，原料中的硅大部分溶解在蒸煮液里，造成黑液硅含量高。

五、影响蒸煮的因素

（一）原料种类及其质量

芦苇、狄、芒秆等原料，不同产地，甚至同一地区由于地势高低的不同，生长条件和收割季节不同，贮存条件和时间不同，原料的化学组成不同等等都对制浆的适应性有一定的影响。于是给蒸煮的控制带来困难。有经验的蒸煮工作者，必须熟悉不同原料的特性，并及时掌握投产原料品种的变化，采取不同的蒸煮条件及操作控制，以稳定蒸煮质量。

（1）不同产地的原料，其物理性质、化学组成和蒸煮结果均有较大的差异，见表4-6-7。

（2）贮存时间不同，原料的化学组成和制浆性能有差别。见表4-6-6和表4-6-8。

表4-6-6　　荻贮存后化学组成的变化

产地 / 贮存时间	汉寿		沅江		岳阳	
	新荻	存一年	新荻	存一年	新荻	存一年多
灰分（%）	4.64	4.14	1.95	2.08	3.04	2.61
热水抽出物（%）	5.49	5.13	2.75	2.45	5.95	5.57
苯醇抽出物（%）	2.84	1.77	3.72	0.823	3.69	0.915
1%NaOH抽出物（%）	38.60	34.04	36.38	31.9	38.13	32.8
纤维素（%）	49.58	45.70	50.16	48.5	52.48	50.0
聚戊糖（%）	21.45	22.80	23.95	23.95	23.24	22.18
木素（%）	25.25	22.38	22.25	21.93	21.88	23.78

表4-6-7

各地芦苇、荻、芒秆的化学组成

	湖北		江苏		湖南			天津	新疆	广西			湖北
	芦苇	荻	芦苇	荻	沅江荻	岳阳荻	芦苇	芦苇	芦苇	大芒	小芒	铁芒	芒秆
灰份（%）	4.4	2.38	3.11	1.38	2.95	2.78	—	3.94	7.04	1.4	2.37	1.4	1.2
SiO_2（%）	3.13	1.13	—	—	1.62	1.28	—	—	—	0.77	1.4	0.56	—
冷水抽出物（%）	4.52	4.39		—	5.13	7.19	—	4.24	—	—	—	—	2.9
热水抽出物（%）	5.69	5.17	—	—	6.56	8.41	2.84	6.43	—	3.87	—	2.62	4.14
苯-醇抽出物（%）	2.63	3.21	2.55	4.55	2.96	4.47	—	2.41	2.04	-	—	—	1.15
树脂（%）	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.18	1.26	1.33	—
1%$NaOH$抽出物（%）	32.29	33.76	33.38	34.53	37.49	39.01	31.44	—	33.65	25.38	—	19.8	22.76
纤维素（%）	44.0	47.7	—	—	—	—	47.7	—	46.45	47.5	46.20	47.85	43.63
综纤维素（%）	75.4	76.6	—	—	75.94	74.56	—	80.15	—	81.5	—	80.7	—
α纤维素（%）	43.51	45.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
聚戊糖（%）	21.71	21.76	25.35	28.95	23.37	23.15	20.92	27.5	22.61	22.64	22.56	24.6	26.37
木素（%）	21.17	20.13	25.10	21.68	20.21	19.63	24.82	19.17	18.3	22	23.40	22.02	22.54

从表4-6-6看出，存放一年的陈荻，1%NaOH抽出物有较大幅度的下降。

表4-6-8　　新荻与陈荻蒸煮结果对比（生产数据）

	一般陈荻	一年以上陈荻	新荻	备注
用碱量（NaOH）（%）甲级荻	16	15	17	
乙级荻	17	16	18	
放锅残碱（NaOH）(g/l)	15.48		7.74～11.61	
粗浆硬度（$KMnO_4$值）	9.7		10.4	硬度指标为9～11
硬度合格率（%）	90		83.3	
粗浆得率（%）	53～54		52.5	
漂白浆打浆度				打浆度指标为16～17°SR
15 °SR 占%	9		0	
16～17°SR 占%	80		30	
18～19°SR 占%	15		60	
20以上°SR 占%	3		10	

由表4-6-8可见，陈荻的碱耗比新荻低，浆料质量较好。

生产实践还表明，使用贮存一定时间的原料还有如下的好处：

① 原料水分均匀。

② 装锅量稳定。

③ 制浆碱耗、氯耗较低。

④ 成浆质量稳定。

（3）原料加工除杂与否，蒸煮所得纸浆的质量有一定差别，见表4-6-9。

（4）原料腐朽对制浆的影响见表4-5-10。

表4-6-9　未加工的原荻与加工去叶梢后所生产的纸浆的质量对比

	未加工的原荻		加工去叶梢后的荻	
	未漂浆	漂白浆	未漂浆	漂白浆
硬度（$KMnO_4$值）	11.5	—	10.9	—
漂率（有效氯）（%）	8.8	—	7.0	—
白　度（%）	—	75	—	75
铜　价	1.19	2.81	1.3	1.7
α-纤维素（%）	—	79.6	—	80.1
聚戊糖（%）	23.75	23.05	23.97	23.49
木　素（%）	1.52	0.66	1.28	0.18
浆中纤维平均长度（mm）	0.95	0.91	1.01	1.0
其中：0.17～0.4mm　占%	17.3	16.4	18.3	16.6
0.4～0.8mm　占%	36.3	36.0	34.5	35.3
0.8～1.2mm　占%	22.1	25.8	18.3	22
大于1.2mm　占%	24.3	21.8	28.9	26.7
浆中杂细胞含量　%	41.7	39.0	35.9	34.5

表4-6-10　好荻与腐朽荻化学组成及制浆结果比较

		好　荻		腐　朽　荻	
样品外观		色黄白，质坚韧		色灰黑，质疏碎	
原料的化学组成	灰　分（%）	1.93		5.33	
	SiO_2含量（%）	0.91		3.93	
	热水抽出物（%）	3.78		3.9	
	苯醇抽出物（%）	2.03		2.8	
	1%NaOH抽出物（%）	32.55		38.36	
	纤维素（%）	49.37		40.98	
	聚戊糖（%）	24.28		21.13	
	木素（%）	22.08		24.32	
蒸煮结果①	粗浆得率（%）	49.64	54.02	46.11	46.29
	黑液残碱（g/l）	12.24	10.63	6.1	6.60
	粗渣率（%）	7.58	17.39	14.11	12.47
	细浆得率（%）	46.06	44.51	39.59	40.52
	细浆硬度（$KMnO_4$值）	9.31	9.52	22.10	23.98

续表

		好获		腐朽获	
未漂浆分析	细浆外观（烘干后）	黄白色		灰褐色	
	灰　分（%）	0.53		1.84	
	木　素（%）	2.51		6.06	
	聚戊糖（%）	24.43		23.64	
	α-纤维素（%）	80.78		75.99	
漂白条件及结果	漂白时间（时:分）	1:30	1:35	2:20	2:10
	白度（蓝光）（%）	70.4	70	68	67.5
	实际氯耗（有效氯）（%）	4.12	4.32	21.71	24.15
	尘埃度（个/10g绝干浆）				
	0.2～2.0mm	27	27	20	40
	2.0～3.0mm	9	17	6	9
	浆张撕裂度（mN）	1009(103g)		427(43.6g)	
		929(94.8g)		349(35.7g)	
	浆张耐折度（双次）	10	9	2	—

① 蒸煮条件：用碱量（Na_2O）12.78%，硫化度14%，液比1:4；升温时间1小时39分至1小时57分，保温时间半小时，最高温度154℃～159℃。

由表4-6-10可看出：获在腐朽后，抽出物含量都有不同程度增加，聚戊糖和纤维含量下降幅度较大，木素含量增加。表现在制浆上，蒸煮硬度升高、得率降低，纸浆α-纤维素含量下降，漂白困难以及纸张强度大幅度降低。

（二）芦苇和芒秆在蒸煮过程中，木素与碳水化合物含量的变化

图4-6-1是芦苇和芒秆硫酸盐蒸煮罗斯图。从图中芦苇（实线）和芒（虚线）两条曲线可看出两种原料在蒸煮过程中木素与碳水化合物变化的总趋势。在蒸煮初期，两条曲线（特别是芒）的走向与碳水化合物等量线接近，碳水化合物损失较少，而木素溶出较多。到蒸煮后期，当木素含量在2%左右时，再继续蒸

续表

		好	荻	腐	朽	荻
未漂浆分析	细浆外观（烘干后）	黄白色		灰褐色		
	灰　分（%）	0.53		1.84		
	木　素（%）	2.51		6.06		
	聚戊糖（%）	24.43		23.64		
	α-纤维素（%）	80.78		75.99		
漂白条件及结果	漂白时间（时:分）	1:30	1:35	2:20	2:10	
	白度（蓝光）（%）	70.4	70	68	67.5	
	实际氯耗（有效氯）（%）	4.12	4.32	21.71	24.15	
	尘埃度（个/10g绝干浆）					
	0.2～2.0mm	27	27	20	40	
	2.0～3.0mm	9	17	6	9	
	浆张撕裂度（mN）	1009(103g)		427(43.6g)		
		929(94.8g)		349(35.7g)		
	浆张耐折度（双次）	10	9	2	—	

① 蒸煮条件：用碱量（Na_2O）12.78%，硫化度14%，液比1:4，升温时间1小时39分至1小时57分，保温时间半小时，最高温度154℃～159℃。

由表4-6-10可看出：荻在腐朽后，抽出物含量都有不同程度增加，聚戊糖和纤维含量下降幅度较大，木素含量增加。表现在制浆上，蒸煮硬度升高、得率降低，纸浆α-纤维素含量下降，漂白困难以及纸张强度大幅度降低。

（二）芦苇和芒秆在蒸煮过程中，木素与碳水化合物含量的变化

图4-6-1是芦苇和芒秆硫酸盐蒸煮罗斯图。从图中芦苇（实线）和芒（虚线）两条曲线可看出两种原料在蒸煮过程中木素与碳水化合物变化的总趋势。在蒸煮初期，两条曲线（特别是芒）的走向与碳水化合物等量线接近，碳水化合物损失较少，而木素溶出较多。到蒸煮后期，当木素含量在2%左右时，再继续蒸

煮，则木素脱除的速度很慢，而得率下降很快。这说明，浆不应煮得过软，在木素含量到达这个数值时就应结束蒸煮，残余的木素应通过漂白来除去。

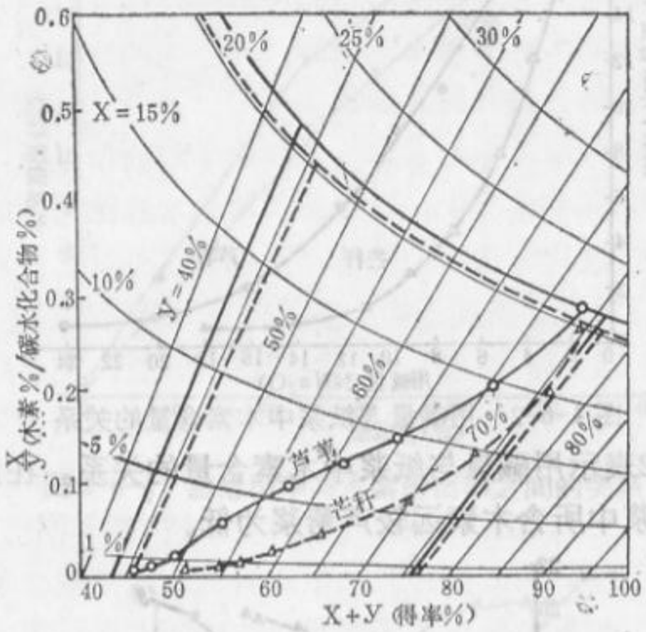


图 4-6-1　芦苇、芒秆硫酸盐蒸煮罗斯图

X线为木素等量线

Y线为碳水化合物等量线

从图中还可以看出，当蒸煮到同样木素含量时，碳水化合物的保留程度芒秆比芦苇高，亦即芒秆的蒸煮得率比芦苇高。当纸浆木素含量为1%时，芦苇的纸浆得率为50%，碳水化合物含量为49%；而芒秆的纸浆得率达58.5%，碳水化合物达57.5%。这就说明，芒秆的木素较易除去，因此也较易成浆。

（三）用　碱　量

1. 用碱量对原料成分溶出的影响

下列一组图说明：用碱量对原料成分溶出的影响，芦苇和芒秆有较大的差别。

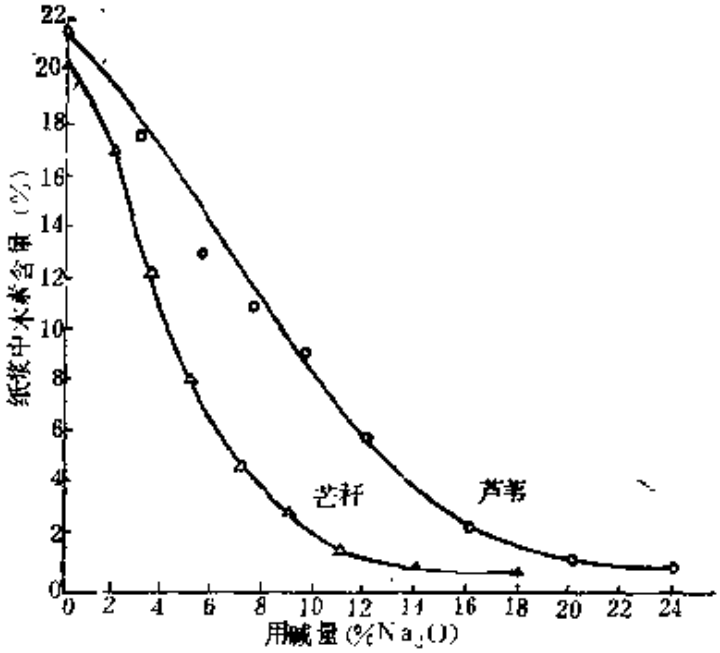


图 4-6-2　用碱量与纸浆中木素含量的关系

图4-6-2表示用碱量与纸浆中木素含量的关系。在用碱量相同时，芒秆浆中所含木素远较芦苇浆为低。

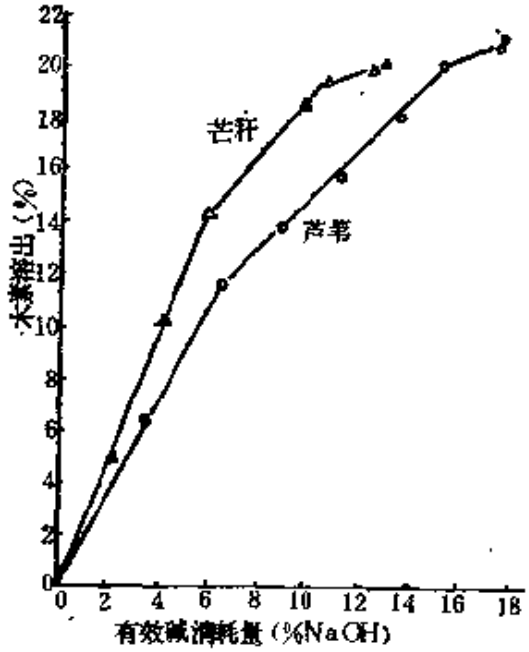


图 4-6-3　有效碱消耗量与木素溶出率的关系

图4-6-3说明总的有效碱消耗量与木素溶出率的关系。消耗同量的碱，芒秆溶出的木素比芦苇溶出的木素多。

图4-6-4说明总溶出率与木素溶出率之间的关系。芦苇与芒秆

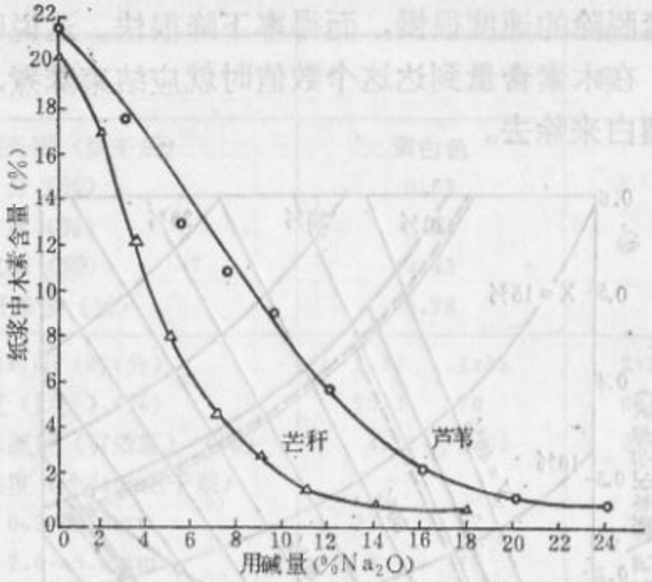


图 4-6-2　用碱量与纸浆中木素含量的关系

图4-6-2表示用碱量与纸浆中木素含量的关系。在用碱量相同时，芒秆浆中所含木素远较芦苇浆为低。

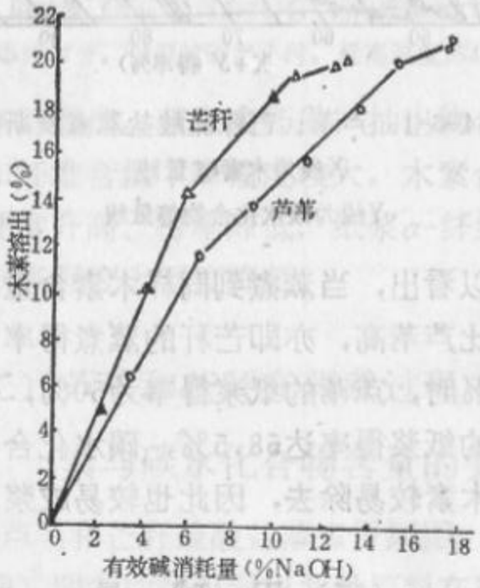


图 4-6-3　有效碱消耗量与木素溶出率的关系

图4-6-3说明总的有效碱消耗量与木素溶出率的关系。消耗同量的碱，芒秆溶出的木素比芦苇溶出的木素多。

图4-6-4说明总溶出率与木素溶出率之间的关系。芦苇与芒秆

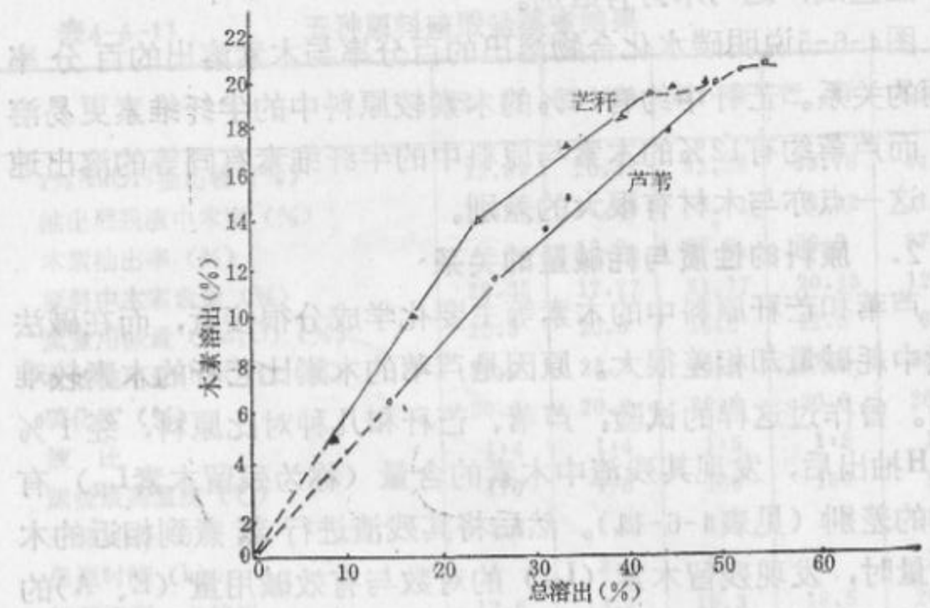


图 4-6-4　总溶出率与木素溶出率之间的关系

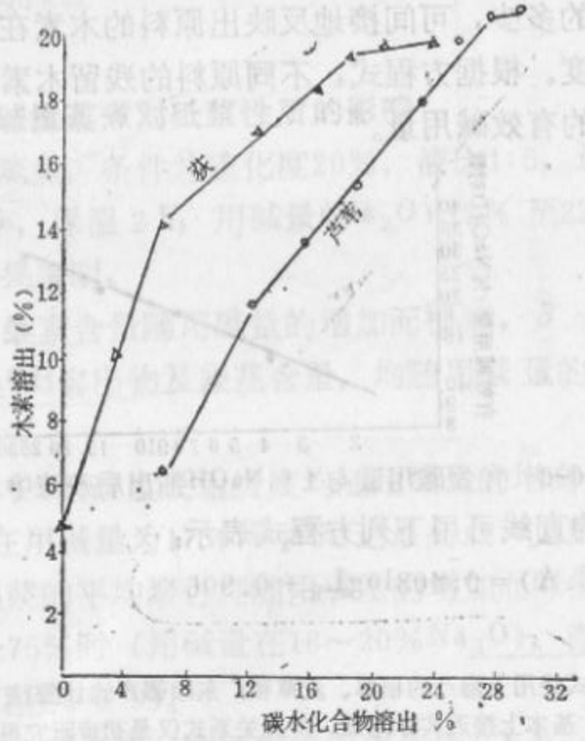


图 4-6-5　碳水化合物溶出与木素溶出的关系

都不呈直线，这与木材有区别。

图4-6-5说明碳水化合物溶出的百分率与木素溶出的百分率之间的关系。芒秆中约有14%的木素较原料中的半纤维素更易溶出，而芦苇约有12%的木素与原料中的半纤维素有同等的溶出速度，这一点亦与木材有很大的差别。

2. 原料的性质与耗碱量的关系

芦苇和芒秆原料中的木素等主要化学成分很接近，而在碱法蒸煮中耗碱量却相差很大。原因是芦苇的木素比芒秆的木素较难溶出。曾作过这样的试验：芦苇、芒秆和几种对比原料，经1%NaOH抽出后，发现其残渣中木素的含量（称为残留木素L_R）有很大的差别（见表4-6-11）。然后将其残渣进行蒸煮到相近的木素含量时，发现残留木素（L_R）的对数与有效碱用量（E、A）的对数之间存在如图4-6-6所示的关系，并可用一个方程式*表示（见图4-6-6的下方）。试验结果表明：原料经1%NaOH抽出后，残渣中木素含量的多少，可间接地反映出原料的木素在碱法蒸煮中溶出的难易程度。根据方程式，不同原料的残留木素可算出该种原料蒸煮所需的有效碱用量。

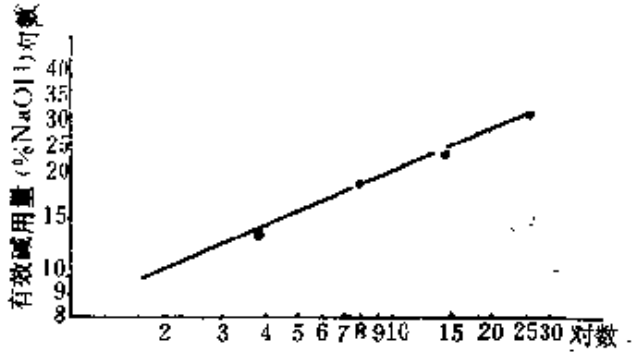


图4-6-6 有效碱用量与1%NaOH抽出后残渣中木素的关系

图中的直线可用下列方程式表示：

$$\mathrm{Log(E.A)} = 0.403\log L_R + 0.906$$

* 此关系式经用上海产的稻草、麦草和广东顺德产的甘蔗渣进行验证，算得的E、A、基本上接近实际用量。但此关系式仅是初步研究导出的，有待进一步研究和在生产实际中考验。

表4-6-11　　五种原料硫酸盐蒸煮结果

	云　杉	白　杨	芦　苇	芒　秆	龙须草
1%NaOH抽出物（%）	12.89	20.41	32.29	33.76	44.24
抽出后残渣中木素（%）	25.92	14.25	7.71	3.82	1.53
木素抽出率（%）	8.6	19.8	63.6	80.9	87.2
原料中木素含量（%）	28.35	17.77	21.17	20.13	12.02
蒸煮用碱量（Na_2O）（%）	25.8	20.0	16.0	11.0	8.6
有效碱用量(NaOH)（%）	30.0	23.2	18.6	12.8	10.0
硫化度（%）	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
液　比	1:4	1:4	1:5	1:5	1:6
蒸煮最高温度（℃）	170	170	160	160	138
升温时间（h）	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
保温时间（h）	4	2	2	2	2
纸浆硬度　卡伯值	12.6	13.4	19.3	18.5	20.2
纸浆中木素含量（%）	1.9①	2.0①	1.6	1.9	2.1①

① 该数字是计算出来的

3. 不同用碱量蒸煮对纸浆性质的影响

芦苇硫酸盐蒸煮，条件为硫化度20%，液比1:5，最高温度165℃，升温1.5h，保温2 h；用碱量（Na_2O）12%至22%的范围内变化，试验结果表明：

（1）α-纤维素含量随用碱量的增加而提高，β、γ-纤维素、聚戊糖、1%NaOH溶出物及羧基含量，均随用碱量的增加而降低（见图4-6-7）。

（2）裂断长、耐破度及耐折度均随用碱量的增高而降低；漂白浆的抗撕力，在用碱量为17%Na_2O时达最高点（见图4-6-8）。

（3）未漂浆的平均聚合度随用碱量的增加而降低。用单段漂白到白度70～75%时（用碱量在16～20%Na_2O），漂白浆的平均聚合度最高（见图4-6-9）。

工厂的生产实践说明，若要制得木素含量在1.0～2.0%的可漂芒秆浆，在硫化度为10～20%，蒸煮最高压力为490～539kPa

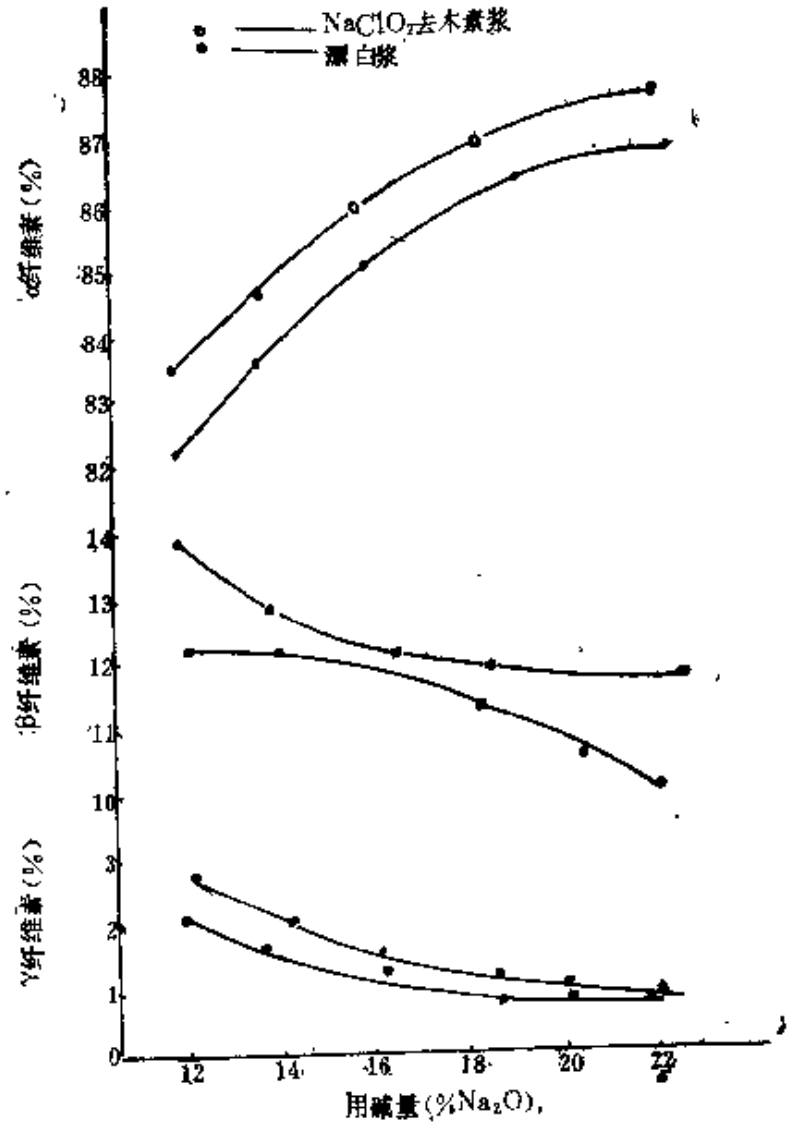


图 4-6-7　不同用碱量，纸浆化学组成的变化

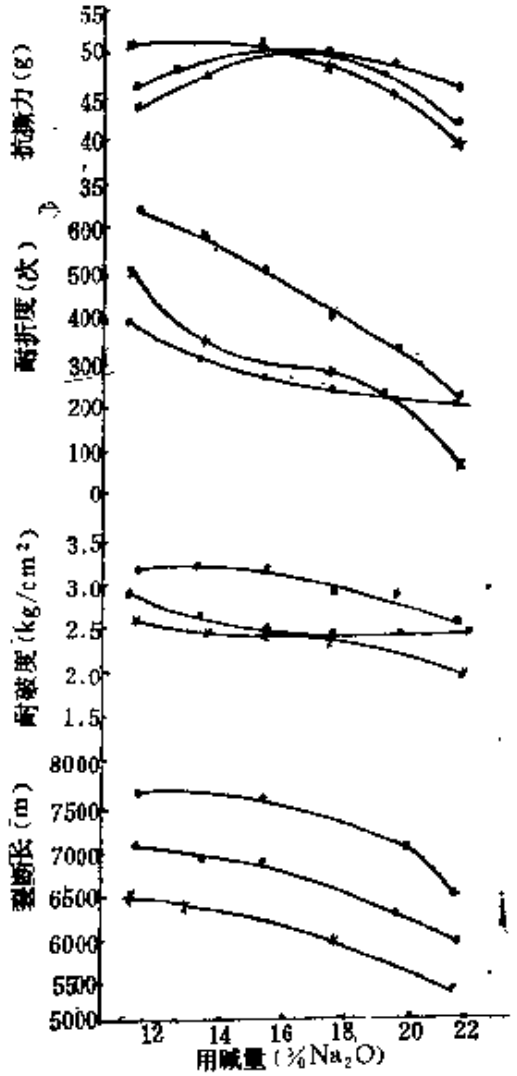


图 4-6-8　用碱量对纸浆物理强度的关系

（5～5.5kg/cm²)时，蒸煮用碱宜在11～13%（Na_2O对绝干原料)。若制漂白芦苇浆或芒秆浆或芦苇芒秆混合浆，在硫化度15～20%时，蒸煮最高压力为637～686kPa（6.5～7.0kg/cm²)，蒸煮用碱宜在14～20%（Na_2O对绝干原料)，芦苇用量比例大时，用碱量应高些。

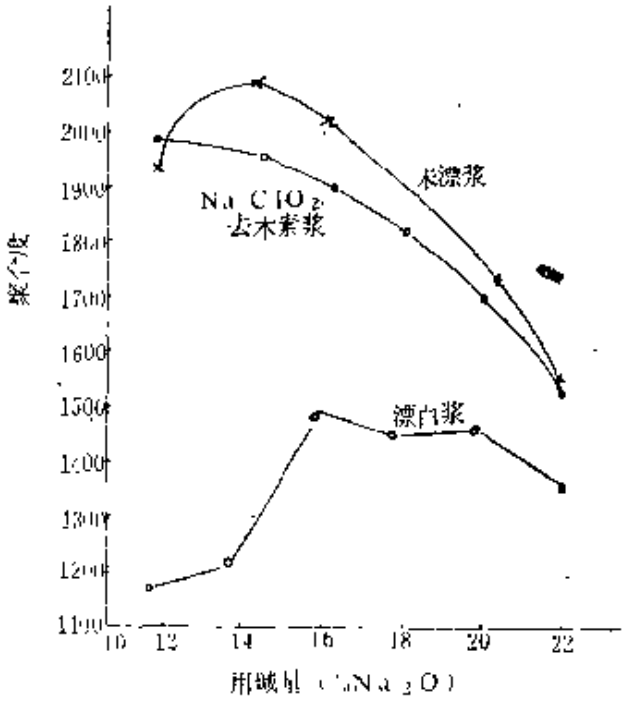


图 4-6-9　用碱量对纸浆聚合度的关系

（四）液　　比

芦苇、荻和芒秆等草类原料，组织结构较木材疏松，木素含量比木材低。因此液比要比蒸煮木材时稍大些，活性碱液浓度可以比较低些。工厂的生产实际是：用立式蒸煮锅蒸煮，液比宜在1:4～4.2，蒸煮锅内药液最初浓度为30～50g/l（Na_2O）；蒸球蒸煮，液比可在1:2.5～2.8之间。

（五）硫　化　度

在其它蒸煮条件不变的情况下，在一定范围内（0～20%）提高蒸煮药液的硫化度，可起到如下的作用：

① 加快脱木素速度，缩短蒸煮时间。

② 纸浆硬度有所下降，漂率降低。

③ 纸浆强度有所提高。

④ 纸浆中聚戊糖含量增加。

⑤ 纸浆得率有所提高。

但硫化度对芦苇、荻和芒秆蒸煮影响的程度不一样。对较难蒸煮的芦苇和芒秆的影响较大些。小型试验结果见表4-6-12。

对于荻，由于具有显著的易煮性，受硫化度变化的影响较小，即使硫化度由25%降至15%，仍能获得满意的蒸煮结果，试验结果列于表4-6-13。

表4-6-12 不同硫化度对芒秆浆①物理性能的影响

		I	II	III	IV	V
蒸煮条件②	用碱量(Na_2O) (%)	15	15	15	15	15
	硫化度 (%)	0	10	15	20	25
	保温时间(min)	50	35	35	40	40
粗浆分析	硬度$KMnO_4$值	21.2	17	15	14.7	14.5
	黑液残碱 (g/l)	11.2	10	9	7.6	7.6
	得率 (%)	45.3	45.8	45.7	50.9	47.3
细浆分析	打浆度 (°SR)	14	16	16.5	17	16.5
	湿重 (g)	—	5.2	5.1	4.4	4.3
	筛分析 60目上 (%)	—	32	30	23	26
	100目下 (%)	—	57.5	55.5	46	52
浆张强度③	裂断长 (m)	2778	2940	3350	3673	3614
	撕裂因子	63	60.5	69.5	89	77
	耐折度 (双次)	2	3	5	6	5

① 原料：铁芒

② 蒸煮条件：液比1:4，最高温度164℃，升温时间1h，保温时间40min

③ 浆张定量100g/m²

从表4-6-12可以看出：在硫化度0～20%的范围内，芒秆浆的物理强度随硫化度的增加而上升。

表4-6-13　　不同硫化度蒸煮荻试验结果

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸煮条件	所用荻片	风干								水洗		风干	
	有效碱(Na_2O)（%）	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
	活性碱（%）	11.3	12.1	11.0	12.1	11.3	11.0	10.5	10.8	12.1	11.3	11.3	11.3
	硫化度(%)	15.6	26.7	9.8	26.7	15.6	9.8	0	5.8	26.7	15.6	15.6	15.6
	残碱（有效碱）(g/l)	5.49	6.06	6.17	5.83	6.05	5.73	5.35	5.86	6.28	5.64	5.92	6.11
	碱耗（有效碱）(kg/t)	77.6	74.7	74.2	75.8	74.8	76.4	78.3	75.7	73.6	76.9	75.4	74.5
	升温90→150℃ (min)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60		
	最高温度（℃）	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	160	160
	保温时间 (min)	20	20	20	40	40	40	40	40	20	20	23①	20②
蒸煮结果	硬　度　（卡伯值）	13.9	13.0	15.6	11.2	12.5	13.9	20.7	17.1	11.5	13.1	14.4	14.5
	总得率（%）	57.3	57.5	57.9	57.1	57.2	57.2	58.6	58.0	59.0	62.0	57.3	57.2
	粗渣率（%）	0.2	0.6	1.1	0.4	0.5	1.4	0.2	0.9	0.5	0.7	1.0	0.9
	粘　度　（Pa·s）	0.071	0.082	0.079	0.072	0.074	0.071	0.069	0.070	0.083	0.092	0.079	0.079
	（cP）	70.6	81.0	78.8	71.9	74.0	70.6	68.9	70.1	83.1	92.4	78.9	78.9

原料：湖南荻

蒸煮其它条件：液比1:5，蒸汽预热10min

注① 蒸煮编号11，保温时间23min，包括120→160℃升温时间在内

② 蒸煮编号12，保温时间20min，包括150→160℃升温时间在内

表4-6-13　　不同硫化度蒸煮荻试验结果

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸煮条件	所用荻片	风干								水洗风干			
	有效碱(Na_2O)（%）	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
	活性碱（%）	11.3	12.1	11.0	12.1	11.3	11.0	10.5	10.8	12.1	11.3	11.3	11.3
	硫化度(%)	15.6	26.7	9.8	26.7	15.6	9.8	0	5.8	26.7	15.6	15.6	15.6
	残碱（有效碱）(g/l)	5.49	6.06	6.17	5.83	6.05	5.73	5.35	5.86	6.28	5.64	5.92	6.11
	碱耗（有效碱）（kg/t）	77.6	74.7	74.2	75.8	74.8	76.4	78.3	75.7	73.6	76.9	75.4	74.5
	升温90→150℃（min）	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60		
	最高温度（℃）	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	160	160
	保温时间（min）	20	20	20	40	40	40	40	40	20	20	23①	20②
蒸煮结果	硬　度　（卡伯值）	13.9	13.0	15.6	11.2	12.5	13.9	20.7	17.1	11.5	13.1	14.4	14.5
	总得率（%）	57.3	57.5	57.9	57.1	57.2	57.2	58.6	58.0	59.0	62.0	57.3	57.2
	粗渣率（%）	0.2	0.6	1.1	0.4	0.5	1.4	0.2	0.9	0.5	0.7	1.0	0.9
	粘　度　（Pa·s）	0.071	0.082	0.079	0.072	0.074	0.071	0.069	0.070	0.083	0.092	0.079	0.079
	（cP）	70.6	81.9	78.8	71.9	74.0	70.6	68.9	70.1	83.1	92.4	78.9	78.9

原料：湖南荻

蒸煮其它条件：液比1:5，蒸汽预热10min

注① 蒸煮编号11，保温时间23min，包括120→160℃升温时间在内

② 蒸煮编号12，保温时间20min，包括150→160℃升温时间在内

（六）蒸煮最高压力、温度及蒸煮时间

1. 最高温度对木素溶出的影响

芦苇与荻在硫酸盐法蒸煮中，纸浆中的木素含量，在较低温度时，均随蒸煮时间的延长而降低。当温度达150℃以上时，则出现了最低点：芦苇为160℃（蒸煮1～2h）；芒秆为150℃(蒸煮2 h)。纸浆的得率、有效残碱浓度，均随蒸煮温度的提高以及时间的延长而降低，见图4-6-10和图4-6-11。

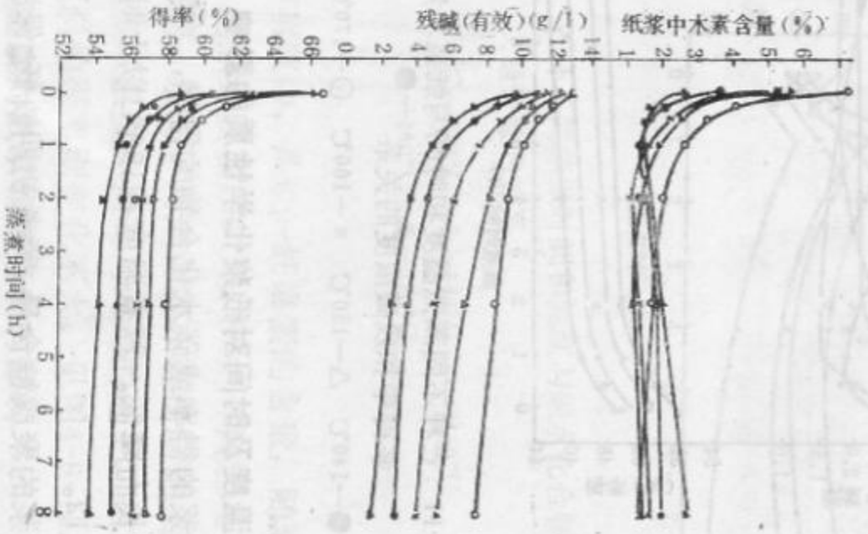


图4-6-10　芦苇不同蒸煮温度和时间与纸浆中木素含量浆得率及残碱的关系

○—130℃　△—140℃　×—150℃　●—160℃　▲—170℃

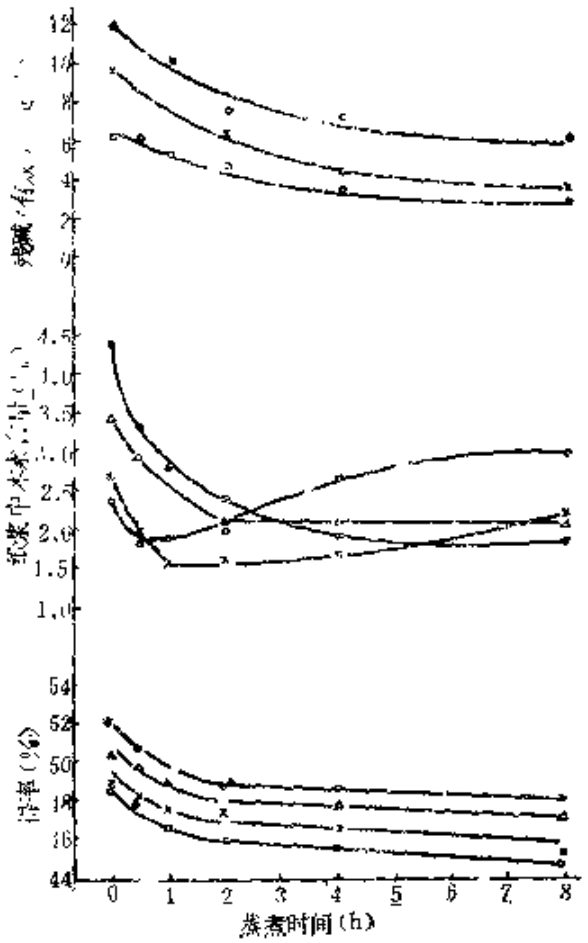


图4-6-11 芒秆不同蒸煮温度和时间与纸浆木素含量、浆得率和残碱浓度的关系

●—140℃ △—150℃ ×—160℃ ○—170℃

2. 最高温度及时间对纸浆化学性质的影响

（1）纸浆的得率或碳水化合物的得率，均随蒸煮温度的提高和时间的延长而降低。蒸煮温度在150℃以上时，降低更为显著，见图4-6-12。

（2）纸浆的聚戊糖含量，蒸煮初期较低。保温一小时以后，便迅速增加。然后随时间的延长略有下降，其下降幅度随蒸煮温度的提高而略微增大。总的来说，纸浆中聚戊糖的含量受蒸煮温度变化的影响并不太大，见图4-6-12。

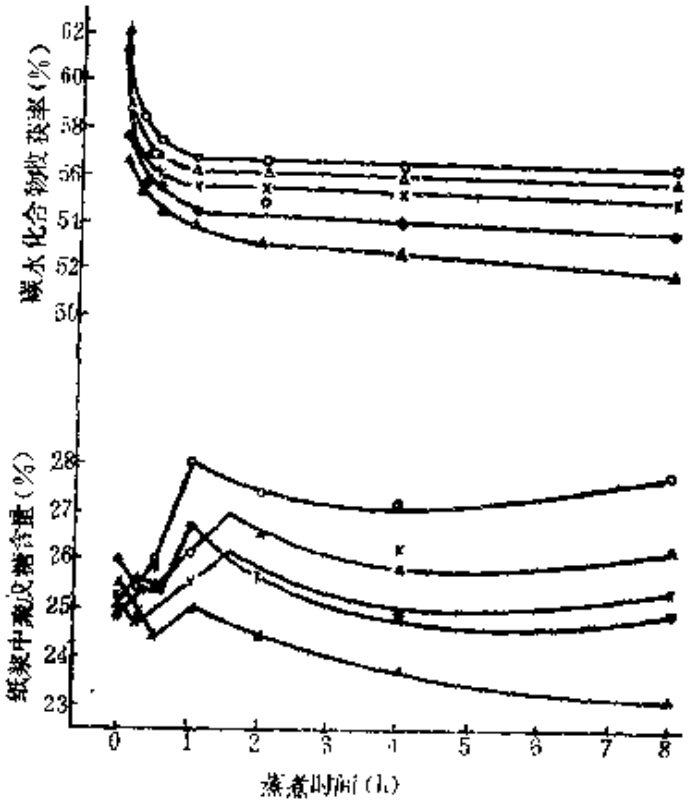


图4-6-12　在不同蒸煮时间和温度与碳水化合物得率、浆中戊糖含量的关系

○—130℃　—140℃　×—150℃
●—160℃　▲—170℃

（3）芦苇浆中，$\beta+\gamma$ 纤维素的含量，随蒸煮时间的延长而直线下降。蒸煮温度在150℃以下时下降较少。但到160℃以上时，则下降加剧。浆的平均聚合度亦有相似的趋向。浆中α-纤维素含量，随蒸煮温度的提高与时间的延长，相对地有所提高。但折算成对原料的得率则变化不大，见图4-6-13。

3. 最高温度对纸浆物理强度的影响

芦苇浆的物理强度，包括裂断长、耐破度、耐折度和撕裂度，均随蒸煮温度的提高和时间的延长而下降。在蒸煮温度150℃以上时，下降更趋剧烈，见图4-6-14。

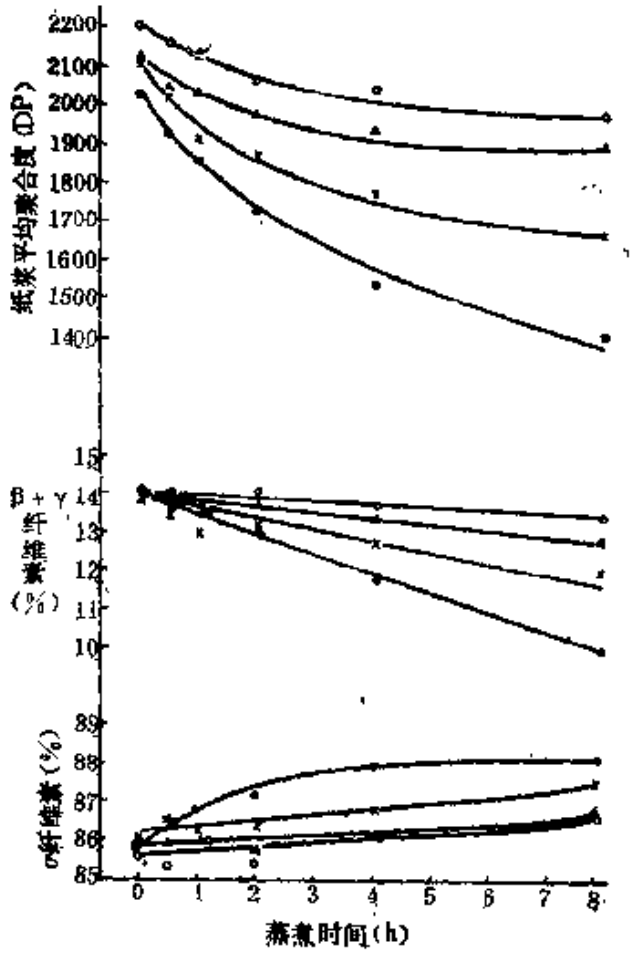


图4-6-13　芦苇浆中$\alpha-\beta+\gamma$-纤维素含量及浆的平均聚合度与蒸煮温度、时间的关系
○—140℃　△—150℃　×—160℃　●—170℃

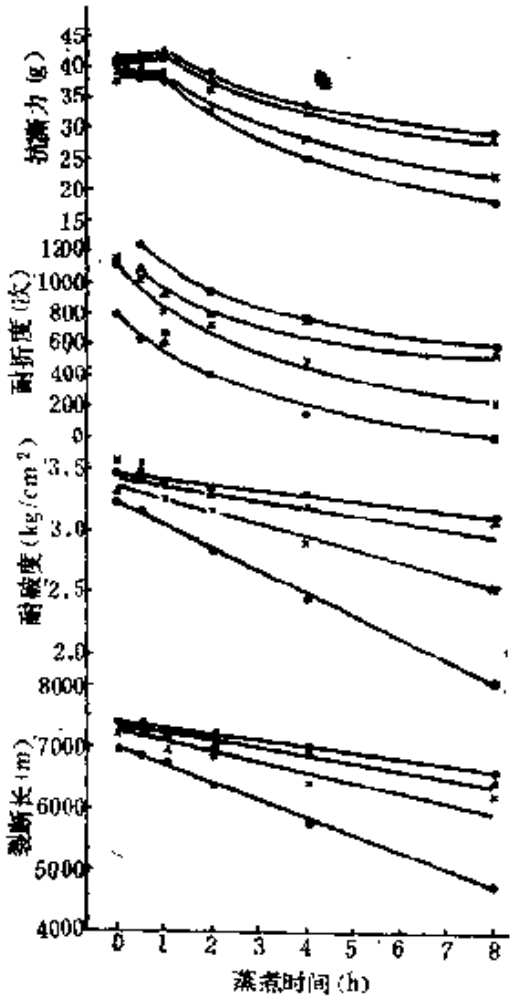


图4-6-14　芦苇浆物理强度与蒸煮温度、时间的关系
○—140℃　△—150℃　×—160℃　●170℃

以上试验说明，用硫酸盐法蒸煮漂白浆(木素含量在1～2%)较适宜的温度是：芦苇和芒秆为160℃，荻为150℃。蒸煮时间不宜太长，一般为1～2 h。放锅残碱应保持在6～7 g/l以上（可通过适当地控制用碱量来调整)。若采用快速连续蒸煮，则必须使原料先经预浸并吸足碱量，芦苇和芒秆蒸煮在170℃时约需20～30min，荻只需15min。

4. 快速蒸煮

荻具有显著的易煮性，容易实现快速蒸煮。在有足够碱量的条件下，将蒸煮最高温度提高到160℃，即使蒸煮时间(包括升温和保温时间）缩短到20min，也能获得满意的结果，见表4-6-13。

六、碱法苇、荻、芒秆浆的蒸煮技术

近年对芦苇在碱法蒸煮脱木素反应动力学的研究中指出：芦苇等草类原料与木材不同，在碱法蒸煮过程中，它的木素主要是在升温阶段脱去。100℃以前脱去60%左右，整个升温阶段脱去木素80～90%，这一结论符合当前生产实际，对合理制定蒸煮工艺起到指导作用。近年来各硫酸盐法荻、苇、芒秆浆厂在采用立式蒸煮锅进行蒸煮时，为了提高纸浆的硬度和强度，蒸煮时间都在不断缩短，有的厂保温时间由一小时缩短到半小时，或15～20 min，有的厂甚至不保温。纸浆硬度由原来的5～7高锰酸钾值提高到9～12高锰酸钾值，未漂浆木素含量在1～2%左右，漂率由2%提高到3～4%；粗浆得率提高，纸浆强度提高，与此同时纸机车速也不断提高。

在蒸煮操作上，立式蒸煮锅升温（低压升温阶段）循环期间，宜采用间接蒸汽加热为主、直接蒸汽加热为辅的加热方法。升温循环时间不宜太长，一般不宜超过40min，以免锅中药液抽不出来。在停止循环升高温的阶段，采用直接通汽升温，升至最高温度后，保温15～30min或不保温即行全压喷放。

七、添加蒽醌对蒸煮的影响

近年研究表明：在芦苇、荻、芒秆等原料的烧碱法蒸煮中添加蒽醌，对加快脱木素速度能获得一定的效果。但对硫酸盐法蒸煮则效果不大。

（一）芦苇烧碱法和硫酸盐法蒸煮添加蒽醌的效果

见表4-6-14。

表4-6-14　蒽醌在芦苇烧碱法和硫酸盐法蒸煮中的效果对比

		烧碱法		硫酸盐法	
		不加蒽醌	添加蒽醌	不加蒽醌	添加蒽醌
蒸煮①及结果	用碱量（NaOH）（%）	22.0	18.0	18.0	18.0
	蒽醌用量（%）	0	0.05	0	0.05
	硫化度（%）	0	0	15	15
	保温时间（h）	1.0	2.0	2.0	2.0
	粗浆硬度（卡伯值）	22.4	20.5	23.2	20.2
	粗浆得率（%）	48.3	51.7	51.1	51.7
不同漂率的漂白浆白度(%)	6.0	63.9	68.1　71.5	66.2	—
	7.0	72.1	70.6　73.3	70.2	—
	8.0	74.8	72.5　76.5	71.9	—
半漂浆②打浆性能	打浆时间（时:分）	1:20	0:54	1:03	0:55
	打浆度（°SR）	40.5	41.0	40.5	40.0
	湿强度（11.5%干度）（g）	59.0	52.0	62.5	63.0
半漂浆的浆张强度	裂断长（m）	7905	8160	7965	7375
	耐折因子	701	854	1023	778
	耐破因子	50.0	55.8	55.1	54.0
	撕裂因子	87.0	84.3	81.0	82.3

① 蒸煮条件：液比1:6，升温时间1:5h，最高温度155℃

② 半漂浆的白度为60%

1. 蒽醌在烧碱法蒸煮中的效果

① 用碱量较低，得率较高。

② 浆料漂白较困难，在以相同的用氯量漂至相近的白度时，烧碱-蒽醌浆需要有稍低的卡伯值。

③ 浆料打浆时间较省。

④ 浆张强度较高，但湿强度较低。

2. 与硫酸盐浆比较，烧碱-蒽醌浆的特点

① 两者的蒸煮用碱量和得率基本相同。

② 卡伯值和漂率稍低。

③ 打浆时间略有节省。

④ 湿强度和耐折度较低，其它强度指标与硫酸盐浆接近。

3. 蒽醌在硫酸盐法蒸煮中的效果

① 对得率的提高和漂率降低的效果很小。

② 打浆时间稍有节省。

③ 对半漂浆的物理强度并未显示出效果。

（二）芒秆烧碱法蒸煮添加蒽醌的效果

见表4-6-15。

表4-6-15　　芒秆碱法蒸煮添加蒽醌试验结果

			烧碱-AQ法	硫酸盐法	烧碱法	
蒸煮①		用碱量(Na_2O)(%)	12.0	12.0	12.0	17.0
		黑液残碱(Na_2O)(g/l)	5.75	5.75	4.38	13.96
		粗浆得率（%）	56.6	55.6	57.8	51.5
		粗渣率（%）	1.45	1.85	5.30	2.50
		细浆得率（%）	55.8	54.6	54.7	50.2
	硬度	卡伯值	22.7	22.1	33.0	25.8
		高锰酸钾值	13.8	13.2	17.5	14.8
		齐伯有效氯(%)	6.65	6.51	—	—

续表

			烧碱-AQ法	硫酸盐法	烧碱法	
漂率(白度65±2%时)(%)			5.40	4.90	7.80	5.76
②半漂浆	打浆时间 (min)		31	42	34	45
	打浆度 (°SR)		39.5	40.5	40	40
	浆张强度	裂断长 (m)	5235	6540	6910	7015
		撕裂因子	57.0	63.1	69.9	80.8
		耐破因子	42.2	44.3	44.7	45.1
		耐折因子	506	533	438	476

① 蒸煮条件：蒽醌用量0.05%，液比1:6；硫酸盐法的硫化度为10%；最高蒸煮温度165℃，升温1.5h，中间小放汽两次，不保温。

② 半漂浆白度65±2%。

由表4-6-15可看出，烧碱-AQ法与烧碱法比较，蒸煮碱耗有较大幅度的降低，得率也有较大的提高，打浆时间也有缩短。卡伯值虽然降低较多，但漂率降低较少。成纸强度下降，尤其撕裂度下降幅度较大。硫酸盐法和烧碱-AQ法比较，虽然两种浆硬度很接近，但烧碱-AQ浆的漂率比硫酸盐浆高。

八、蒸煮实例

(一) 立式蒸煮锅蒸煮

1. 荻、芒秆硫酸盐法蒸煮实例

见表4-6-16。

2. 荻硫酸盐蒸煮升温曲线

见图4-6-15。

3. 立式蒸煮锅生产荻苇浆操作中异常现象产生的原因

见表4-6-17。

表4-6-16　　荻、芒秆硫酸盐法蒸煮实例

		湖南荻	湖北	
			荻	芒秆
蒸煮设备		110m³立式蒸煮锅	75m³立式蒸煮锅	75m³立式蒸煮锅
蒸煮条件	装锅量(风干)(kg/m³)	170～180	147～160	147—160
	用碱量(Na_2O)(%)	12.0	12.4～14.0	15.5～16.3
	硫化度(%)	14	—	—
	液比	1:4.0～1:4.2	1:4.0	1:4.0
	蒸煮最高压力(kPa)	431.2～509.6 (4.6～5.2kg/cm²)	490(5.0kg/cm²)	490～588 (5.0～6.0kg/cm²)
	蒸煮最高温度(℃)	125～158	140～150	150～160
	有效蒸煮时间 时:分	1:15～1:40	1:20～1:35	1:30～1:45
	其中：间接加热升温时:分	0:30	0:30	0:30
	直接加热升温时:分	～	0:40～0:50	0.50～1.00
	保温时:分	0	0:10～0:15	0:10～0:15
	喷放　　时:分	—	0:10～0:15	0:10～0:15
蒸煮结果	粗浆硬度(高锰酸钾值)	9.5～10.4	9～11	9～11
	粗浆得率(%)	46～50	53～56	47～49
	粗浆木素含量(%)	—	约2	约2
	粗浆聚戊糖含量(%)	—	22～23	22～23
浆料用途	生产纸种	52g/m²凸版纸	52g/m²凸版纸	
	浆料配比	漂白硫酸盐荻浆①57～60%	漂白碱法芦苇浆88%	
		马尾松磨木浆20～27%	漂白碱法龙须草浆12%	
		马尾松硫酸盐浆16～20%		
	造纸机型式	3940长网多缸造纸机	3150长网多缸造纸机	
	车速	410～420m/min	250～260 m/min	

① 浆料经CEH三段漂白，白度67～73%。

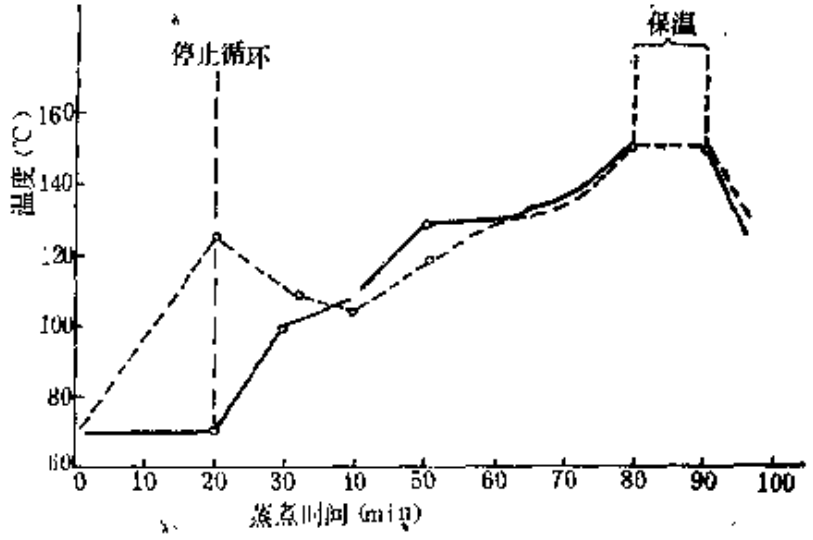


图4-6-15　获芦酸盐法蒸煮升温曲线

原料：获，水分16%

蒸煮器：立式蒸煮锅

蒸煮条件：用碱12.3%Na_2O，硫化度19.3%，液比1:4；

蒸煮最高温度150℃，最高压力490kPa(5kg/cm²)，升温

1小时15分至1小时20分，保温15～30分

蒸煮结果：硬度8.5～10高锰酸钾值，粗浆率0.2%

未漂浆质量：木素1.1%，浆成粉23.47%，铜价9.2

表4-6-17　用立式蒸煮锅生产获苇浆操作中异常现象产生的原因

异常现象	可能产生的原因
1．蒸煮不均匀，未蒸解分多	（1）料片水分不均匀，或水份过高（大于30%）。料片质量差、合格率低、除尘不净，原料品种有变化 （2）装料量过多，或用碱量过低 （3）蒸煮液浑浊度大，影响渗透不匀 （4）蒸煮液与料片混合不均匀 （5）排汽时，带走液过多 （6）蒸煮用汽压力和汽温过高或过低，或者汽压低、汽流量小 （7）升温曲线掌握不当，前期升温过快，渗透不匀，或后期汽量汽温不足 （8）锅内有剩浆，影响温升不均匀 （9）升温排汽操作不当，影响锅内温度不均匀

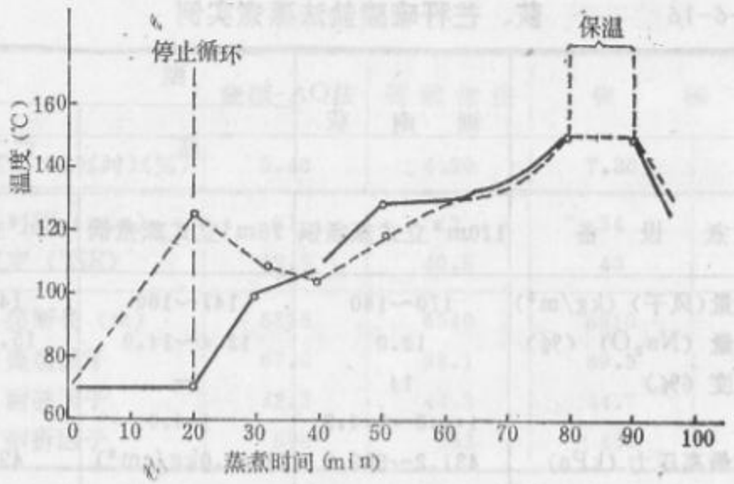


图4-6-15　荻硫酸盐法蒸煮升温曲线

原料：荻，水分16%

蒸煮器：立式蒸煮锅

蒸煮条件：用碱12.3%Na_2O，硫化度12.9%，液比1:4；

蒸煮最高温度150℃，最高压力490kPa(5kg/cm²)，升温1小时15分至1小时20分，保温15～30分

蒸煮结果：硬度8.5～10高锰酸钾值，粗渣率0.2%

未漂浆质量：木素1.1%，聚戊糖23.47%，铜价0.2

表4-6-17　用立式蒸煮锅生产荻苇浆操作中异常现象产生的原因

异常现象	可能产生的原因
1．蒸煮不均匀，未蒸解分多	（1）料片水分不均匀，或水份过高（大于30%）。料片质量差、合格率低、除尘不净，原料品种有变化 （2）装料量过多，或用碱量过低 （3）蒸煮液浑浊度大，影响渗透不匀 （4）蒸煮液与料片混合不均匀 （5）排汽时，带走液过多 （6）蒸煮用汽压力和汽温过高或过低，或者汽压低、汽流量小 （7）升温曲线掌握不当；前期升温过快，渗透不匀，或后期汽量汽温不足 （8）锅内有剩浆，影响温升不均匀 （9）升温排汽操作不当，影响锅内温度不均匀

续表

异常现象	可能产生的原因
2．装料过程，以锅口冒液	（1）蒸煮液温度过高。如在100℃时，送液中就会产生大量的气体，料片下落，气体上升时，带出大量泡沫，使液、汽从锅口喷出来 （2）送液阀门开得过大，或料片在锅口架空 （3）靠近锅口的蒸汽阀门有漏汽现象 （4）料片除尘不良，尘土、髓心、叶、穗较多，料片与液体接触后成糊状，影响液体下流，产生泡沫，从锅口喷出
3．锅内温度上升很慢	（1）来汽压力过低，汽流量不足 （2）来汽温度过低，或冷凝水过多 （3）蒸煮液入锅时，温度太低，或液比过大 （4）料片水分大，和除尘不良
4．锅内压力速升，而温度的增值较慢	（1）来汽温度突然很高产生局部过热 （2）来汽压力过高，汽量过大 （3）放锅阀门未关严，或有泄漏现象
5．锅内温度变化不大，而锅内压力猛增	（1）蒸汽在锅内将料片打洞 （2）小放汽时，空气未排净，造成锅内有假压 （3）锅内有剩浆 （4）料片在锅内结成块，忽然被蒸汽冲开、冲通 （5）小放汽时，带走液量过多
6．放不完锅，或堵喷放管	（1）液比过小，浆料浓度大，蒸煮不均匀，难喷放 （2）升温循环不好，会使锅内局部料片渗透不好，产生未蒸解分多，影响放锅 （3）排汽时带液过多，或跑液，使生片多及浆料浓度大 （4）放锅阀门未关严，有泄漏现象，影响蒸煮生片过多 （5）锅内剩浆严重，时间过长，浆料在锅内结成死块 （6）放锅受到严重影响时，就会造成堵塞喷放管 （7）放锅管道，弯头多，或有死角，浆料在管中流动阻力大
7．升温期间，锅压不上升，甚至有下降趋势	放锅阀门未关

（二）蒸球蒸煮

表4-6-18　碱法蒸煮芦苇、荻、芒秆实例

	原料名称	新疆芦苇	湖南荻	芒秆	江西产芒秆
	浆种	漂白浆	半漂浆	漂白浆	漂白浆
	蒸煮方法	硫酸盐			烧碱法
蒸煮条件	蒸球容积（m^3）	40	25	25	—
	用碱量（NaOH）（%）	20	15.5	15.5	16.1
	其中：Na_2S（%）	3	2.5	2.0	0
	碱化度（%）	15	16	13	20
	液比	1:2.9	1:2.5	1:2.0	1:3.2
	最高蒸煮压力（kPa）	637（6.5）	588（6.0）	686（7.0）	637（6.5）
	升温时间（时:分）	1:40	2:50	0:30	4:05(294kPa时保温2.5h)
	保温时间（时:分）	2:30	1:00	2:30	1:00
	有效蒸煮时间（时:分）	4:10	3:50	3:00	5:05
蒸煮结果	粗浆得率（%）	—	52.4	52	49.3
	粗浆高锰酸钾值	9～12	10.0	12～14	6～8
	黑液残碱（g/l）	7～10	8.9	15～20	—
	漂白氯耗（有效氯）（%）	4.5	4.0	三段漂10～12	5.5～6.0
	漂浆白度（蓝光法）（%）	／	63	70～74	70

（三）技术经济指标

表4-6-19为几个工厂生产的漂白荻、苇、芒秆浆的主要技术经济指标。

表4-6-19　漂白碱法荻、苇、芒浆生产主要技术经济指标

		湖南芦苇	湖北芦苇	湖南芦苇	芒秆
蒸煮锅	型式	立锅	立锅	蒸球	蒸球
	容积（m^3）	110	75	25	25
装锅量（绝干kg/m^3）		178	166	160	132
平均蒸煮时间(时:分)		—	2:17	6:00	3:30
浆得率(%)	粗浆	46.64	50.4	52	51
	细浆	95.38	95.74	85	—
漂白损失率（%）		3	5.17	7	15
成浆率（%）		44.49	45.76	—	41.6
每吨纸浆消耗	纤维原料(kg)	2240	2429	2465	2405
	烧碱(kg)	281	356	317	492
	硫化碱(kg)	33	—	75	32.8
	氯(kg)	47	34	47	100
	标准煤(kg)	438	343	573	556
	电（KW·h）	194	226	175	486

（三）技术经济指标

表4-6-19为几个工厂生产的漂白荻、苇、芒秆浆的主要技术经济指标。

表4-6-19　漂白碱法荻、苇、芒浆生产主要技术经济指标

		湖南芦苇	湖北芦苇	湖南芦苇	芒　秆
蒸煮锅	型　式	立锅	立锅	蒸球	蒸球
	容　积（m^3）	110	75	25	25
装锅量（绝干kg/m^3）		178	166	160	132
平均蒸煮时间(时:分)		—	2:17	6:00	3:30
纸浆得率(%)	粗　浆	46.64	50.4	52	51
	细　浆	95.38	95.74	85	—
漂白损失率（%）		3	5.17	7	15
成　浆　率（%）		44.49	45.76	—	41.6
每吨纸浆消耗	纤维原料(kg)	2240	2429	2465	2405
	烧　碱(kg)	281	356	317	492
	硫化碱(kg)	33	—	75	32.8
	氯　(kg)	47	34	47	100
	标准煤(kg)	438	343	573	556
	电　(KW·h)	194	226	175	486

第七节　稻麦草制浆

一、概　　述

稻麦草是我国小型纸厂使用最普遍的纤维原料。

与木材比较，稻麦草的纤维素和木素含量都较少，半纤维素含量较多，1%NaOH 抽出物特别高，组织结构疏松，因此制浆比较容易。可用烧碱法、硫酸盐法、中性和碱性亚硫酸钠法制得本色浆和漂白浆。稻草还可用石灰法制取供草纸板用的粗纸浆，但在亚硫酸氢盐法和酸性亚硫酸盐法蒸煮中却成浆质量不佳。

稻麦草浆虽然存在纤维较短、不均一性突出和杂细胞含量多等的弱点，但具有纤维长宽比值大的优点，因此，稻麦草漂白浆可适用于一般印刷、书写纸的生产。经过良好净化和漂白的麦草浆，可用作拷贝纸、高级书写纸的配料；一般的卷烟纸也可掺入30%左右漂白稻草浆。

稻麦草原料分散、收集和运输比较困难，远途集运，成本较高，一般只适宜就近使用。

碱法稻麦草浆黑液硅含量高、粘度大和发热量低，给碱回收操作带来很大的困难，尤以稻草浆黑液为甚。目前还没有找到经济而有效的解决办法，因此，对稻麦草利用的程度受到很大的限制。

二、蒸煮对原料质量的要求

（一）对原料贮存的要求

稻麦草的品种繁杂，收集的区域较大。因此，原料进场后，应尽量按品种、产区、新草、陈草分别妥善堆存。

投产的原料一般认为以堆存 1～5 个月以上的、水分均匀、无霉变的陈草为好，并按品种、产区分别使用。

（二）对备料的要求

稻麦草不同的部位，其化学组成和纤维形态有很大的差别。因此各部位的制浆性能、原浆化学组成及纤维量都有较大的差异，见表4-7-1。

表4-7-1　稻草①不同部位蒸煮②结果及原浆化学组成

		全　草	茎	稍	叶	穗	节
浆煮结果	粗浆得率（%）	43.10	50.13	45.91	30.97	41.42	36.36
	粗渣率（%）	2.11	0.11	0.41	0.41	3.20	3.11
	粗浆硬度(KMnO$_4$值)	11.32	11.00	8.82	17.59	15.33	11.35
	黑液残碱（g/l）(Na$_2$O)	3.1	3.42	3.05	1.88	3.09	1.62
原浆性质	原浆打浆度（°SR）	43.5	46.5	38.0	49.0	27.0	58.0
	原浆湿重（g）	4.2	2.6	3.9	2.0	3.1	1.2
	纤维平均长度(mm)	0.96	1.03	0.99	0.57	0.68	0.35
原浆化学组成	灰分（%）	16.05	4.88	16.02	24.92	8.30	12.01
	SiO_2（%）	14.47	4.53	15.01	—	7.75	10.05
	木素（%）	2.75	2.10	3.39	5.05	3.72	3.49
	聚戊糖（%）	21.42	24.02	21.44	13.76	28.79	22.55
	α-纤维素（%）	58.51	68.34	61.20	32.94	52.10	53.63

① 原料来源：上海金山双季早稻。

② 蒸煮条件：用碱量（NaOH）10%，液比1:7，最高温度156℃，保温时间1.5h。

由表4-7-1可见，草叶、草节耗碱高、得率低、纤维平均长度最小。从原浆化学组成看，草叶浆的木素含量最高而聚戊糖含量最低，因此草叶在蒸煮过程中大量耗碱，这可理解为除对木素的作用外，还消耗一部分对糖类和杂质的反应上。草节不易煮透，谷粒不能成浆，这两者成为纸浆中黄褐色尘埃的主要来源。

因此，要求在备料过程中，最好能把叶、穗、节等部分除去，谷粒和尘土尽量除净。

（三）蒸煮原料的规格和质量要求

（1）原料标准：

外观黄白色，无霉烂和变质杂草；堆存半年以上；不许夹有铁器、石块等杂物；水分<20%。

（2）蒸煮原料的质量要求：

水分：<20%

切料长度：<25mm不少于80～85%

26～60mm不多于10%

61～100mm不多于3%

除杂要求：经切草、除尘后，去除泥沙、谷粒及杂物。

三、工艺流程

见图4-7-1。

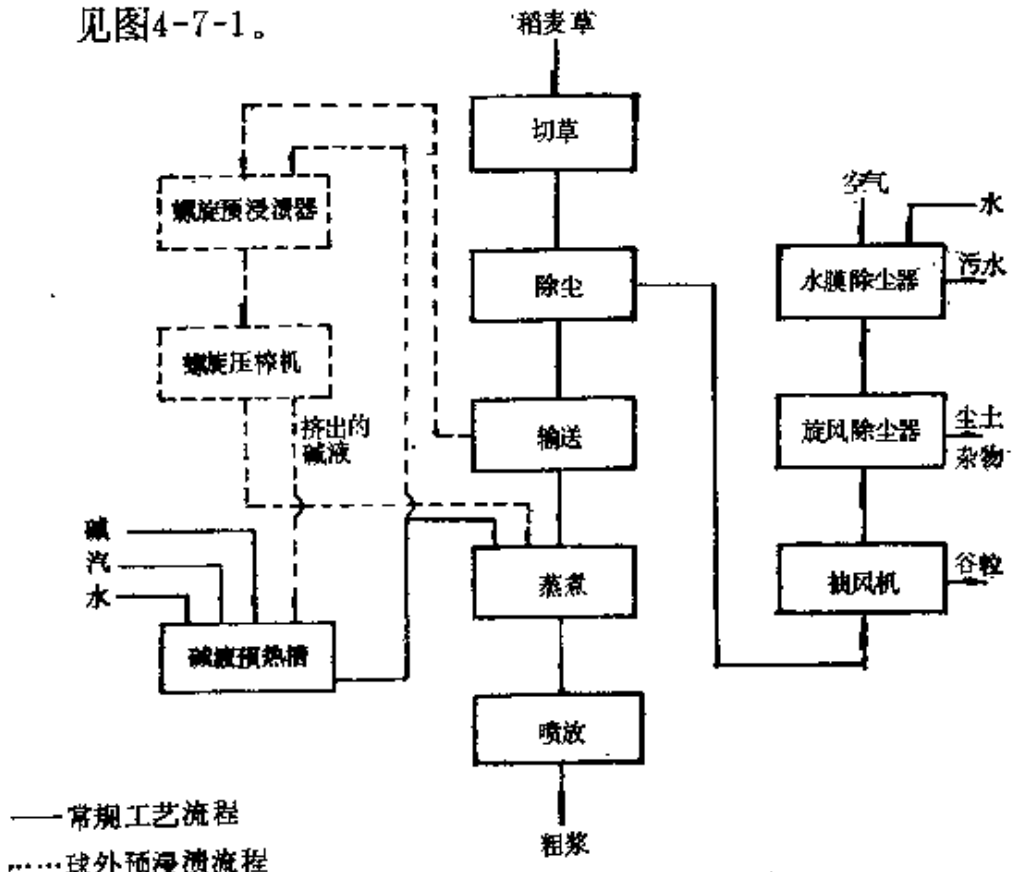


图4-7-1 稻麦草制浆的工艺流程

四、稻麦草碱法化学浆造纸性能

（1）打浆能耗较低。由于纤维长宽比大，使成纸具有一定的物理强度，纸页均匀度和平滑度也较好。

（2）浆料原始打浆度高，滤水性差，纸幅干燥速度慢，干燥后横向收缩率大。

（3）浆料发粘，抄造时易粘辊、粘烘缸，断头多。

（4）纸幅湿强度低。成纸物理强度较低，尤以撕裂度更低。纸页发脆。

（5）麦草浆成纸透明度高。但稻草浆因灰分含量高，不透明度较好。

上述(2)、(3)、(4)三点，稻草浆比麦草浆突出。

为了改善稻草浆的造纸性能，有的工厂采用高频振框式平筛(俗称跳筛)以除去部分杂细胞及细小纤维，但同时降低了纸浆得率。因此应根据实际生产的需要，选择与控制杂细胞的去除程度。

五、不同制浆方法的比较

（一）稻草烧碱法、硫酸盐法和碱性亚硫酸盐法蒸煮的比较

根据表4-7-2和表4-7-3，在总碱量相同的条件下蒸煮，烧碱法和硫酸盐法稻草浆与碱性亚硫酸盐稻草浆比较：

（1）烧碱法和硫酸盐法稻草浆各项强度指标均较高，浆中灰分较低。硫酸盐浆木素含量较低，粘度较高。

（2）碱性亚硫酸盐稻草浆得率较高，未漂浆色浅易漂，滤水性能较好，洗涤时泡沫较少。

表4-7-2　稻草烧碱法和碱性亚硫酸盐法蒸煮的对比

		烧碱法		碱性亚硫酸钠法	
蒸煮条件	用碱量（Na_2O）（%）	12	12	12	12
	其中：NaOH（%）	15.1	15.1	8	8
	Na_2SO_3（%）	—	—	8	8
	液比	1:7	1:7	1:7	1:7
	升温时间（min）	60	50	50	50
	保温（4.77kg/cm²）（h）	3	3	3	3
蒸煮结果	硬度（高锰酸钾值）	7.6	8.5	6.7	6.7
	粗浆得率（%）	46.7	46.1	53.7	55.2
	灰分（%）	8.41	8.36	16.1	18.5
	木素含量（%）	1.87	1.91	1.79	1.79
	未漂浆粘度（Pa·s）	332.5×10^{-4}	333.8×10^{-4}	308.0×10^{-4}	308.0×10^{-4}
漂白条件	漂剂用量	次氯酸钙 有效氯4%	$NaClO_2$ 5% H_2SO_4 5%	次氯酸钙 有效氯4%	$NaClO_2$ 4% H_2SO_4 4.6%
	pH值	—	3.0	—	2.9
	漂白温度（℃）	40	—	40	—
	漂白时间（h）	1.0	—	1.0	—
漂白浆化学组成	灰分（%）	7.63	5.77	15.74	15.78
	聚戊糖（%）	22.58	23.12	20.00	21.89
	α-纤维素（%）	70.35	69.74	69.95	63.14
	粘度（Pa·s）	218.7×10^{-4}	432.6×10^{-4}	174.8×10^{-4}	371.5×10^{-4}
物理性能	白度　加热前	74.5	79.5	79.1	83.6
	加热后	73.0	77.7	76.6	82.6
	裂断长（m）	6420	5890	3860	4840
	耐折度（次）	8.4	38.5	7	—
	耐折因子	38.6	37.4	22.4	31.8
	撕裂因子	0.46	0.60	0.53	0.67

表4-7-3　稻草硫酸盐法和碱性亚硫酸盐法蒸煮的对比

		硫酸盐法	碱性亚硫酸盐法
蒸液组成	用碱量（%）	10.1	10.7
	其中，NaOH（%）	11	10
	Na_2S（%）	2	—
	Na_2SO_3（%）	—	6
蒸煮条件	液比	1:2.0	1:2.6
	升温（min）	80	60
	保温（467kPa即 4.44 kg/cm²）（h）	3	3
未漂浆	粗浆得率（%）	43.7	45.1
	硬度（高锰酸钾值）	8.4	9.2
	灰分（%）	7.61	10.08
	木素（%）	1.5	3.11
	粘度（Pa·s）	465.2×10^{-4}	262.9×10^{-4}
漂白条件	用氯量（有效氯）（%）	4.0	4.0
	漂白温度（℃）	40	40
	漂白时间（h）	1.0	1.0
	未漂浆原始白度（%）	43	57.7
漂白浆	漂白浆得率（对粗浆）（%）	87	88.5
	灰份（%）	5.3	9.1
	α-纤维素（%）	73.51	70.45
	粘度（Pa·s）	285.2	203
成纸物理性能	白度　加热前	72.3	80.7
	加热后	69.5	71.4
	裂断长（m）	4430	4290
	耐破因子	30.9	38.2
	耐折度（次）	30.8	17.7

（二）麦草烧碱法、烧碱加硫法和硫酸盐法蒸煮的比较

见表4-7-4。

表4-7-4　　麦草烧碱法、烧碱加硫法和硫酸盐法蒸煮的对比

	烧　碱　法	烧碱加硫法	硫 酸 盐 法
NaOH用量（%）	13	13	12
Na_2S用量（%）	0	0	2
S用量（%）	0	0.77	0
硬度（高锰酸钾值）	11.2	10.9	11.77
黑液残碱（g/l）	1.26	0.76	0.92
未蒸解分（%）	1.24	0.23	0.61
木素（%）	4.1	3.25	2.75
聚戊糖（%）	13.25	20.02	15.36
漂率（%）	7.4	2.49	—
漂后浆白度（%）	80	80	—
裂断长（m）	2037	2307	2478

六、影响蒸煮的因素

（一）新草与陈草对蒸煮的影响

稻草经不同时间贮存后，其化学组成发生了不同程度的变化（见表4-7-5和表4-7-6），因此，在相同的蒸煮条件下制得的纸浆，其硬度和得率就有一定差别（见表4-7-7）。

（二）麦草烧碱法、烧碱加硫法和硫酸盐法蒸煮的比较

见表4-7-4。

表4-7-4　　麦草烧碱法、烧碱加硫法和硫酸盐法蒸煮的对比

	烧碱法	烧碱加硫法	硫酸盐法
NaOH用量（%）	13	13	12
Na_2S用量（%）	0	0	2
S用量（%）	0	0.77	0
硬度（高锰酸钾值）	11.2	10.9	11.77
黑液残碱（g/l）	1.26	0.76	0.92
未蒸解分（%）	1.24	0.23	0.51
木素（%）	4.1	3.25	2.75
聚戊糖（%）	13.25	20.02	15.36
漂率（%）	7.4	2.49	—
漂后浆白度（%）	80	80	—
裂断长（m）	2037	2307	2478

六、影响蒸煮的因素

（一）新草与陈草对蒸煮的影响

稻草经不同时间贮存后，其化学组成发生了不同程度的变化（见表4-7-5和表4-7-6），因此，在相同的蒸煮条件下制得的纸浆，其硬度和得率就有一定差别（见表4-7-7）。

表4-7-5　　新、陈稻草化学组成对比

		新稻草	陈稻草
灰分（%）		16.59	15.28
抽出物	冷水（%）	12.84	12.11
	热水（%）	17.16	14.60
	苯醇（%）	3.92	2.92
	1%NaOH溶液（%）	53.16	—
木素（%）		11.17	12.22
聚戊糖（%）		25.08	25.07
纤维素（%）		44.36	47.16

表4-7-6　　埃及稻草堆存前后化学组成的变化

	新草	一年草垛内部	二年草垛内部	三年草垛表面
灰分（%）	17.9	18.2	18.5	19.8
苯醇抽出物（%）	4.3	4.0	3.5	2.8
1%NaOH溶液抽出物(%)	49.0	52.7	53.5	55.0
木素（%）	12.1	12.6	13.1	15.1
综纤维素（%）	62.5	58.5	56.3	45.2
α-纤维素（%）	40.8	39.4	39.5	31.4

由表4-7-6可得知，草料不宜贮放太久，否则纤维素含量会有较大幅度的降低。

表4-7-7　新、陈稻草用不同碱量蒸煮的硬度和得率对比

	用碱量(NaOH)(%)	蒸煮结果	
		硬度（高锰酸钾值）	得率（%）
新稻草	6.0	13.57	62.80
	7.0	12.16	57.22
	7.6	11.71	57.00
	8.0	11.20	55.56
	8.5	10.49	54.50
	9.0	9.71	54.36
陈稻草	6.0	12.65	59.40
	7.0	10.94	58.40
	7.5	10.38	54.70
	8.0	9.92	54.75
	8.5	9.66	52.30
	9.0	8.20	52.47

由表4-7-7可看出，在蒸煮硬度相近时，陈草用碱量比新草用碱量稍低。

（二）装锅压力、药液温度与装锅量的关系

稻麦草纤维容量小，空气含量大。薄壁细胞的容重和空气含量大约为纤维的10倍（见表4-7-8）。因此，稻麦草装锅量很低，仅为70～80kg/m³。为了提高装锅量，可采取预浸渍和通汽装锅等措施。草片一旦与热药液接触，即行软化，排出空气，缩小体积，提高装锅量。不同温度的药液对排气量、装锅量的关系见图4-7-2和表4-7-9。

表4-7-8　稻麦草纤维和薄壁细胞的容重和空气含量

	纤维	薄壁细胞
容重（g/cm³）	0.25～0.30	0.025～0.030
空气含量（l/kg）	2.7～3.5	32～40
装锅量（kg/m³）	100	6

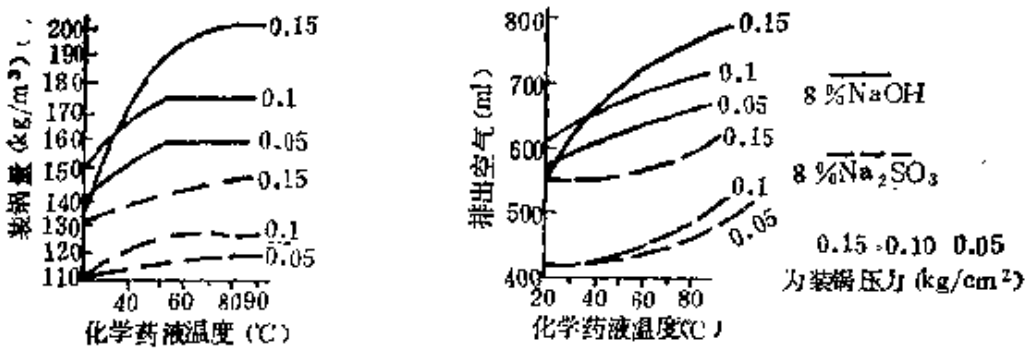


图4-7-2 不同温度的药液对排气和装锅量的关系

表4-7-9　　稻草不同的预浸渍温度与装锅量的关系

预浸渍温度 (℃)	装锅量 (kg/m³)
25	110
45～50	160
80～90	>200

（三）预浸渍对蒸煮的影响

稻麦草纤维原料的特点是组织疏松，吸液量大，木素含量低，1%NaOH溶液抽出物多。用烧碱和硫酸盐药液处理稻麦草，药液渗透速度快，在与一定浓度的碱液作用下，在100℃以前，就能脱去60%左右木素，而残余的木素，需在较高温度下才能继续溶出。在碱液预浸渍过程中，除了可以大大提高装锅量外，还可以提高草浆蒸煮的均匀程度，减少筛渣，提高蒸煮质量。由于草片与碱液充分混和，可以迅速升温，不需空转和过长的保温时间，有利于降低碱耗，缩短蒸煮时间，提高蒸煮器利用系数，增加产量。所以不论是间歇蒸煮、连续蒸煮，化学浆或半化学浆生产，都应重视对草片的预浸渍。

预浸渍效果的大小，除了设备上的因素以外，还与草片水分、浸渍温度、浸渍时间、浸渍药液的组成等工艺条件有直接的关系。

1. 稻草不同浸渍时间、温度和草片水分对浸渍效果的影响

见表4-7-10和图4-7-3。

表4-7-10　稻草在一定碱浓①下不同浸渍时间和草片水分对浸渍②的影响

项目 \ 草片水分(%)	19.8			33.8			39		
浸渍时间（s）	20	30	40	20	30	40	20	30	40
草片吸收碱量（%）	11.84	12.60	12.70	13.47	13.70	15.39	12.18	13.01	13.78
草片吸收倍数	2.75	2.97	2.83	2.29	2.34	2.35	2.26	2.32	2.50
总液比	3.68	3.78	3.95	3.97	3.99	4.06	4.32	4.44	4.65

① 碱液浓度24.5～25.0g/l

② 浸渍温度65℃

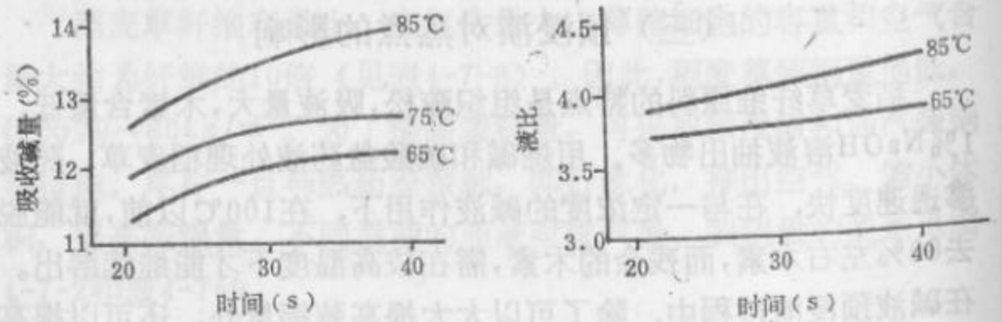


图4-7-3 不同碱液温度、浸渍时间与液比和吸收碱量的关系

2. 稻草片在碱液预浸渍过程中的变化

见表4-7-11。

表4-7-11　碱液预浸渍中稻草片的变化

	预浸渍前	经螺旋浸渍后	经螺旋压榨机后	进蒸球前
容积重量（kg/m³）	48～50	70～75	80～85	84～88
体积缩小（%）	0	32.41	40.61	43.02
草片色泽	米黄色	淡黄	黄	棕黄
草片软化程度	硬	稍硬	略硬	手可捏碎

3. 稻草碱液预浸渍对蒸煮的影响

稻草经碱液预浸渍后，不仅可以提高装锅量和缩短蒸煮时间（见表4-7-12），而且还能降低碱耗，改善纸浆质量（见表4-7-13）。

表4-7-12　稻草碱液预浸渍对装锅量和蒸煮时间的影响

	不经预浸渍	经预浸渍
装球量①（绝干）（kg）	5000	5500～6300
单位锅容装料量（kg/m³）	125	137.5～157.5
蒸煮全程时间（时:分）	3:55～4:38	3:30～3:35
装料（min）	60	75
升压（min）	25～30	30
放汽（min）	5	5
再升压（min）	5～8	
低压保温（min）	60	
升压（min）	10～15	10～15
高压保温（min）	60～90	80
喷放（min）	10	10
蒸球利用系数〔kg/(m³·h)〕	11.95	16.39

① 蒸球容积40m³

表4-7-11　　碱液预浸渍中稻草片的变化

	预浸渍前	经螺旋浸渍后	经螺旋压榨机后	进蒸球前
容积重量（kg/m³）	48～50	70～75	80～85	84～88
体积缩小（%）	0	32.41	40.61	43.02
草片色泽	米黄色	淡黄	黄	棕黄
草片软化程度	硬	稍硬	略硬	手可捏碎

3. 稻草碱液预浸渍对蒸煮的影响

稻草经碱液预浸渍后，不仅可以提高装锅量和缩短蒸煮时间（见表4-7-12），而且还能降低碱耗，改善纸浆质量（见表4-7-13）。

表4-7-12　稻草碱液预浸渍对装锅量和蒸煮时间的影响

	不经预浸渍	经预浸渍
装球量①（绝干）（kg）	5000	5500～6300
单位锅容装料量（kg/m³）	125	137.5～157.5
蒸煮全程时间（时：分）	3:55～4:38	3:30～3:35
装料（min）	60	75
升压（min）	25～30	30
放汽（min）	5	5
再升压（min）	5～8	
低压保温（min）	60	
升压（min）	10～15	10～15
高压保温（min）	60～90	80
喷放（min）	10	10
蒸球利用系数［kg/(m³·h)］	11.95	16.39

① 蒸球容积40m³

表4-7-13　　稻草经预浸渍与不经预浸渍的蒸煮比较

		不经预浸渍	经预浸渍
草片预浸渍前的水分（%）		14	14
浸渍和蒸煮条件	用碱量（NaOH）（%）	14	14
	碱液浓度（NaOH）（g/l）	41.76	25.1
	碱液温度（℃）	77	76
	浸渍时间（min）	0	1～2
	蒸煮最高压力（kPa）	392（4kg/cm²）	392（4kg/cm²）
	保温时间（min）	90	30
蒸煮结果	硬度（高锰酸钾值）	9	10.1
	黑液残碱（NaOH）（g/l）	3.4	7.5
浆张强度	白度（漂白后）（%）	70	74.5
	裂断长（m）	1540	2400
	耐破度（kPa）	94.08（0.96kg/cm²）	106.82（1.09kg/cm²）

4．稻麦草球外预浸渍蒸煮工艺流程

工艺流程见图4-7-4。

带螺旋压榨机的草片碱液预浸渍主要设备的技术特征见本章第十一节第346页。

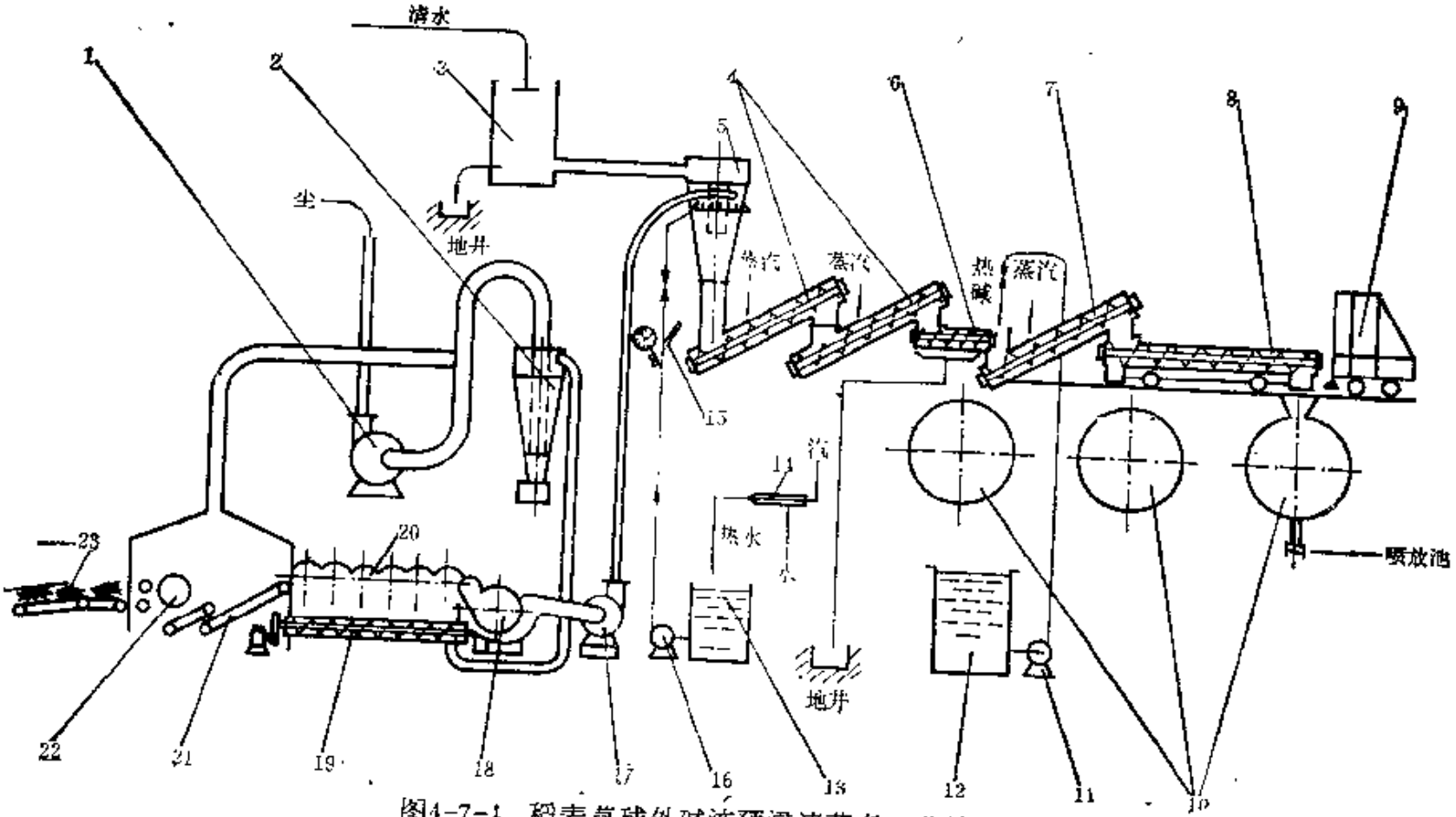


图4-7-1 稻麦草球外碱液预浸渍蒸煮工艺流程图

1-风机 2-谷粒分离器 3-水膜除尘器 4-热水预浸管 5-旋风分离器 6-螺旋压榨机 7-碱预浸管 8-活动碱预浸管 9-蒸球落料器 10-蒸球 11-碱泵 12-碱罐 13-热水箱 14-汽水混和器 15-温度计 16-热水泵 17-风机 18-撕碎机 19-螺旋运输机 20-羊角除尘器 21-刮板运输机 22-切草机 23-草料

5. 国内纸厂不同预浸渍方法的比较

见表4-7-14。

表4-7-14　　不同预浸渍方法蒸煮的比较

		不经预浸渍		经螺旋预浸渍器		经螺旋预浸渍器再经螺旋压榨机	
		稻草	麦草	稻草	麦草	稻草	麦草
蒸煮原料	草片长度（mm）	<50		<25		25～35	
	切草合格率（%）	>85		>85		80～85	
	装锅量(绝干)(kg/m³)	125	125	128	140	154～162	150～170
药液组成	用碱量（Na_2O）（%）	7.0～7.8	11.2	8.5	10.9	7.2	10.3
	其中：NaOH（%）	9～10	12.5	11	12.4	8	12
	Na_2SO_3（%）	0	3.0	0	Na_2S1.6	2	2
蒸煮条件	药液预热温度（℃）	90～95	90～95	>80	>80	95	95
	液比	1:3.0	1:3.0	1:2.3	1:2.3	1:3.0～1:3.2	1:3.0～1:3.2
	升温时间（min）	30	80	30	30	40	40
	最高压力（kPa）	490(5kg/cm²)	490(5kg/cm²)	588(6kg/cm²)	588(6kg/cm²)	539(5.5kg/cm²)	549(5.6kg/cm²)
	保温时间（时:分）	1:30	3:00	2	2	1	1
粗浆硬度（高锰酸钾值）		14～16	16～18	10～12	10～12	14～16	16～18

（四）化学药品用量

1. 烧碱法蒸煮稻草浆

不同用碱量对未漂浆和漂白浆得率及纸浆某些性质的影响，分别列于表4-7-15和表4-7-16。

表4-7-15　不同用碱量蒸煮未漂稻草浆的试验结果

		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
用碱量(NaOH，对绝干草)(%)		11.6	13.6	15.5
蒸煮结果	硬度（高锰酸钾值）	11.6	13.3	7.6
	粗浆得率（%）	54.5	49.3	46.7
	黑液残碱(NaOH)(g/l)	5.29	9.48	7.26
	粗浆灰分（%）	12.56	7.71	8.41
	粗浆木素（%）	2.61	2.97	1.85
	浆料粘度（Pa·s）	0.025(24.83cP)	0.029(29.79cP)	0.033(33.23cP)

试验条件：液比1:7，最高压力396.9kPa（4.05kg/cm²），蒸煮时间3h

表4-7-16　不同用碱量蒸煮可漂稻草浆的试验结果

		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
用碱量(NaOH对绝干草)(%)		8	10	12	14	16
蒸煮结果	蒸煮耗碱率（%）	96.3	93.8	79.0	70.0	67.5
	黑液残碱（g/l）	0.32	0.8	2.67	4.4	5.2
	未漂浆筛渣率（%）	7.82	4.0	3.45	1.67	1.24
	细浆得率(对原料)(%)	32.67	38.29	34.09	32.31	33.71
	细浆硬度(高锰酸钾值)	13	10.05	8.33	7.26	7.17
漂白	漂率（有效氯）（%）	7.95	4.13	5.4	3.58	2.38
	白度（%）	75.8	76.2	77.8	77.2	79.9
	漂白浆得率（%）	34.25	32.2	29.39	—	28.19
	漂白浆灰分（%）	20.05	20.18	16.63	13.62	11.78

试验条件：液比1:7；空转10min，最高蒸煮压力441～490kPa（4.5～5.0kg/cm²），保温2 h

2. 烧碱法蒸煮麦草浆

不同用碱量对麦草浆的得率及纸浆化学组成的影响列于表4-7-17。

3. 硫酸盐法蒸煮稻草浆

不同用碱量对稻草浆得率及漂白性能的影响列于表4-7-18。

4. 碱性亚硫酸钠法蒸煮稻草浆

亚硫酸钠法以亚硫酸化度来分类：

亚硫酸化度* 大于1　　酸性

亚硫酸化度　等于1 接近中性

亚硫酸化度　小于1　　碱性

在蒸煮中可以变换NaOH与Na_2SO_3的比例来改变亚硫酸化度。当总碱量不变时，改变亚硫酸化度对稻草浆蒸煮的影响如表4-7-19。

表4-7-17　不同用碱量蒸煮①麦草浆的结果

用碱量(NaOH)(%)	纸浆得率(%)		纸浆化学组成			氯耗(%)
	粗浆	细浆	灰分(%)	聚戊糖(%)	木素(%)	
10.5	53.0	41.1	5.2	29.2	7.6	11.4
12.0	51.9	40.5	4.4	26.1	6.2	11.5
14.0	49.4	39.8	3.1	30.9	4.7	8.6
16.8	45.1	38.7	2.3	28.3	2.7	3.7

① 蒸煮条件：液比1:7；温度170℃，时间2h。

表4-7-18　硫酸盐法蒸煮稻草浆不同用碱量的试验结果

		I	II	III	IV	V
总碱量（Na_2O）(%)		6.20	7.75	9.30	10.85	12.40
蒸煮结果	蒸煮耗碱率（%）	95.12	84.90	77.77	67.20	64.00
	黑液残碱（g/l）	0.4	1.0	2.8	4.8	6.4
	粗浆筛渣率（%）	13.69	8.27	5.10	1.28	0.40
	细浆得率（%）	32.33	48.81	38.23	38.71	35.63
	细浆硬度（高锰酸钾值）	13.62	10.4	8.03	7.74	7.83
漂白	漂率（%）	6.14	5.69	4.67	4.03	4.76
	白度（%）	77.6	81	7.97	81	80.7
	漂白浆得率（%）	27.68	32.73	28.94	31.68	29.23
	漂白浆灰分（%）	22.84	22.52	21.11	17.27	11.96

试验条件：硫化度15%，液比1:7；空转10min，最高蒸煮压力441～490kPa（4.5～5.0kg/cm²）保温2h

表4-7-18　　硫酸盐法蒸煮稻草浆不同用碱量的试验结果

		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
总碱量（Na_2O）（%）		6.20	7.75	9.30	10.85	12.40
蒸煮结果	蒸煮耗碱率（%）	95.12	84.90	77.77	67.20	64.00
	黑液残碱（g/l）	0.4	1.0	2.8	4.8	6.4
	粗浆筛渣率（%）	13.69	8.27	5.10	1.28	0.40
	细浆得率（%）	32.33	48.81	38.23	38.71	35.63
	细浆硬度（高锰酸钾值）	13.62	10.4	8.03	7.74	7.83
漂白	漂率（%）	6.14	5.69	4.67	4.03	4.76
	白度（%）	77.6	81	7.97	81	80.7
	漂白浆得率（%）	27.68	32.73	28.94	31.68	29.23
	漂白浆灰分（%）	22.84	22.52	21.11	17.27	11.96

试验条件：硫化度15%，液比1:7；空转10min，最高蒸煮压力441～490kPa（4.5～5.0kg/cm²）保温2h

表4-7-19　　不同亚硫酸化度对稻草的蒸煮结果

		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
药液组成	亚硫酸化度（%）	1.0	0.87	0.71	0.56	0.4	0.23	0.08	0
	Na_2SO_3用量（%）	20.6	17.4	14.3	11.5	8.0	4.95	1.8	0
	NaOH用量（%）	0	2	4	6	8	10	12	13.08
纸浆性质	硬度（高锰酸钾值）	14.1	13.5	11.7	10.7	10.6	10.5	12	12.05
	漂后浆白度（%）（有效氯用量5%）	75	75	80	80	80	80	75	75
	纸浆中灰分（%）	—	17.3	17.3	13.9	14.1	13.6	12.9	10
	残余木素（%）	3.21	2.62	—	2.4	2.4	2.6	3.37	3.4
	纸浆中聚戊糖（%）	22.5	21.3	20.2	22.9	22.7	21.7	22.9	21.5
	纸浆中α-纤维素(%)	—	60.2	61	61.8	62.8	—	67.7	68.9

（五）药液硫化度

药液中不同硫化度对稻草和麦草蒸煮的影响分别列于表4-7-20和表4-7-21。

表4-7-20　　不同硫化度蒸煮可漂稻草浆的结果

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
硫化度（%）	0	24	27	30	43	45	50
有效碱用量① （%）	15	15	15	15	15	15	15
蒸煮耗碱率（%）	67.9	66	65	65	65.5	66.7	66.7
纸浆得率（%）	43.6	45	46	46	46	46.5	47
浆中残余木素② （%）	6.15	5.21	5.1	4.95	5.05	5.54	5.84
漂后浆白度（%）（有效氯用量5%）	85⁻	85	85⁺	85⁺	85⁺	80⁻	75⁻

① 有效碱为$NaOH+1/2Na_2S$。

② 木素未扣除灰分。

表4-7-19　　不同亚硫酸化度对稻草的蒸煮结果

		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
药液组成	亚硫酸化度（%）	1.0	0.87	0.71	0.56	0.4	0.23	0.08	0
	Na_2SO_3用量（%）	20.6	17.4	14.3	11.5	8.0	4.95	1.8	0
	NaOH用量（%）	0	2	4	6	8	10	12	13.08
纸浆性质	硬度（高锰酸钾值）	14.1	13.5	11.7	10.7	10.6	10.5	12	12.05
	漂后浆白度（%）（有效氯用量5%）	75	75	80	80	80	80	75	75
	纸浆中灰分（%）	—	17.3	17.3	13.9	14.1	13.6	12.9	10
	残余木素（%）	3.21	2.62	—	2.4	2.4	2.6	3.37	3.4
	纸浆中聚戊糖（%）	22.5	21.3	20.2	22.9	22.7	21.7	22.9	21.5
	纸浆中α-纤维素(%)	—	60.2	61	61.8	62.8	—	67.7	68.9

（五）药液硫化度

药液中不同硫化度对稻草和麦草蒸煮的影响 分别 列于表4-7-20和表4-7-21。

表4-7-20　　不同硫化度蒸煮可漂稻草浆的结果

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
硫化度（%）	0	24	27	30	43	45	50
有效碱用量①（%）	15	15	15	15	15	15	15
蒸煮耗碱率（%）	67.9	66	65	65	65.5	66.7	66.7
粗浆得率（%）	43.5	45	46	46	46	46.5	47
浆中残余木素②（%）	6.15	5.21	5.1	4.95	5.05	5.54	5.84
漂后浆白度（%）（有效氯用量5%）	85⁻	85	85⁺	85⁺	85⁺	80⁻	75⁻

① 有效碱为$NaOH+1/2Na_2S$。

② 木素未扣除灰分。

表4-7-21　　不同硫化度和用碱量蒸煮可漂麦草浆的试验①结果

		Ⅰ	Ⅱ			Ⅲ			
用碱量（Na_2O）（%）		14	12	13	14	13	13②	14③	15
硫化度（%）		0	15	15	15	30	30	30	30
蒸煮结果	黑液残碱（Na_2O）（g/l）	5.9	3.2	5.2	5.2	3.4	4.5	—	5.0
	硬度（高锰酸钾值）	11.3	10.2	9.2	8.8	9.5	10.3	8.5	8.4
	粗浆得率（%）	42.3	46.0	44.9	46.3	47.7	47.0	44.4	44
	筛渣率（%）	1.8	0.5	0.3	0.5	0.2	0.3	1.2	0.3
	细浆得率（%）	40.5	45.5	44.6	45.8	47.5	46.7	43.2	43.7
漂白	用氯量（有效氯）（%）	—	—	4.5	4.0	4.0	—	3.8	4.0
	白度（%）	—	—	78	—	78	—	75.8	76
	漂白浆得率（%）	—	—	42.7	42.8	45.4	—	40.8	40.8

① 试验条件：浴比1:7；最高蒸煮温度165℃，升温时间1.5h，保温2h。

② 该锅次药液中掺入30%黑液。

③ 该锅次升温和保温时间均为 1h。

（六）液　　比

液比变化对麦草烧碱法蒸煮的影响见表4-7-22。

表4-7-22　烧碱法不同液比蒸煮麦草浆的试验①结果

		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
液　　比		1:5	1:6	1:7	1:8
蒸煮结果	粗浆得率（%）	52.1	52.0	51.9	51.1
	细浆得率（%）	39.2	39.4	40.5	39.8
	筛渣率（%）	3.1	2.7	2.4	2.6
	细小纤维（%）	9.8	9.9	9.0	8.7
	浆中灰分（%）	4.8	4.7	4.4	3.9
	浆中聚戊糖（%）	28.0	29.0	26.1	26.1
	浆中木素（%）	4.8	5.8	6.2	5.0
漂白	硬度（高锰酸钾值）	16.9	17.1	16.7	17.0
	氯耗（%）	9.5	10.6	11.5	10.1
	漂白浆得率（%）	37.2	37.9	37.5	38.1
浆张强度	紧度（g/cm³）	0.98	0.92	0.98	0.98
	耐破因子	99	105	105	112
	耐折度（双次）	1104	1266	1052	1299
	撕裂度（mN）	441（45g）	431（44g）	451（46g）	470（48g）

① 试验条件：用碱量（NaOH）12%；蒸煮最高温度170℃，时间2h。

（七）蒸煮最高温度和时间

1. 稻草常压蒸煮与压力蒸煮的比较

国外有人认为：稻草碱法蒸煮，温度在50～90℃时，木素的脱除率大于碳水化合物的脱除率。但在高温（130℃）时，碳水化合物的降解率却比木素的脱除率大。为减少碳水化合物的降解，主张采用常压长时间的缓和的蒸煮工艺。

常压蒸煮和压力蒸煮两种不同工艺制得的稻草浆，其化学组成和物理性能有一定的差别。常压低温慢煮的浆，粗浆和漂后浆得率均较高，灰分低，强度较大，聚合度较高。压力高温快煮的浆，

木素低，易漂白，白度高，纸浆灰分含量大，成纸不透明度较高，松厚度较大。

从生产效率和消耗来说，压力高温蒸煮生产周期短，蒸煮和漂白的化学药品消耗和打浆的能耗都较低。

尽管国外对这两种工艺方法的优缺点还有争论，但为了适应现代工业生产高效率、低消耗的要求，国内外稻草浆的生产，大多数采用高温快速蒸煮的工艺。

表4-7-23　稻草常压蒸煮与压力蒸煮的比较之一

		常压蒸煮			压力蒸煮
蒸煮条件	用碱量（NaOH）（%）	13	13	15	10
	液比	1:5	1:5	1:6	1:4.5
	蒸煮最高温度（℃）	90	80	70	180
	蒸煮时间（h）	5	10	10	2.5
粗浆特性	硬度（高锰酸钾值）	8.8	9.7	12.5	7.5
	得率（%）	58.3	59.6	60.9	51
	灰分（%）	6.5	7.8	4.9	17.8
	木素（%）	6.3	8.9	7.8	3.16
	聚戊糖（%）	29.4	25.0	28.4	17.9
	α-纤维素（%）	59.1	57.2	56.9	65.8
纸浆物理性能	疏解至游离度 700～760ml				
	所需时间（min）	4.4	9.0	10.5	1.0
	抗张强度（kg）	4.98	3.94	3.78	2.4
	耐破度（kPa）	156（1.59 kg/cm²）	120（1.22 kg/cm²）	152（1.55 kg/cm²）	113（1.15 kg/cm²）
	耐折度（双次）	222	140	149	98
	撕裂度（mN）	541(55.2g)	392(40.0g)	470(48.0g)	314（32g）
①漂白性能	漂白浆得率(对绝干草)（%）		44		29.7
	漂后白度（GE）（%）		81		83
	老化后白度(GE)（%）		77		73
	纸浆聚合度		1035		872

① 漂白方式：CEH三段漂。

表4-7-23和表4-7-24分别列举两个不同来源的稻草常压蒸煮和压力蒸煮的对比。表4-7-25列出在不同蒸煮温度下，稻草的各种化学组分含量变化的情况。

表4-7-24　　稻草常压蒸煮与压力蒸煮比较之二

		常压蒸煮	压力蒸煮	
蒸煮	用碱量(NaOH)(%)	13	11	13
	消耗碱量（NaOH）(%)	11.44	9.60	10.96
	最高温度（℃）	90	160	160
	保温时间（min）	300	5	5
	总周期（min）	330	90	90
疏解	粗浆疏解时间（min）	25	6	4
	细浆得率（疏解和筛选后）(%)	40.4	47.2	44
漂白	硬度（高锰酸钾值）	13.6	9.0	7.7
	氯价	6.2	4.35	3.70
	漂白至80%白度时所需氯（%）	4.2	4.7	3.8
化学分析		未漂 漂白	未漂 漂白	未漂 漂白
	灰分（%）	6.11 2.03	15.93 10.6	9.56 4.07
	木素（%）	9.32 —	5.8 —	5.2 —
	聚戊糖（%）	27.54 20.35	23.43 15.34	21.93 19.5
	α-纤维素（%）	77.32 71.87	66.57 66.31	69.72 71.51
打浆特性	原浆打浆度（°SR）	36.5 15.5	39 46	40 16
	打浆至50°SR所需时间（min）	2 1.2	1.7 1.18	1.5 0.9
	紧度（g/cm³）	0.446 0.447	0.426 0.41	0.41 0.42
	裂断长（m）	5356 5139	4864 4995	5036 5278
	耐破因子	34.2 35.7	30.6 34.9	33.8 37.9
	耐折度(双次)	167 111	107 121	100 137
	撕裂因子	30.7 50.2	58.5 55.3	52.8 48.0
光学特性	老化前白度（%）	79.0	79.0	79.0
	老化后白度（%）	73.0	73.0	73.0
	不透明度（%）	91.7	95.0	93.0

表4-7-25　　稻草在不同蒸煮温度下各种化学组分含量的变化

		常压蒸煮											压力蒸煮	
蒸煮	温度（℃）	50	60	70	80	80	90	90	90	90	90	90	133	180
	时间（h）	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	7.5	3	2.5
	用碱量（NaOH）（%）	13	13	13	13	13	13	13	15	15	13	13	10	10
	消耗碱量（NaOH）（%）	8.66	9.28	9.43	9.52	7.17	9.56	7.10	8.38	7.67	9.18	9.97	7.86	—
	液比	1:6	1:6	1:6	1:6	1:5	1:6	1:5	1:6	1:6	1:6	1:6	1:4.5	1:4.5
	纸浆硬度（高锰酸钾值）	13.2	13.5	12.5	9.2	9.7	8.7	8.9	6.4	7.6	8.9	8.8	7.1	7.2
	纸浆得率（%）	62.7	62.5	60.9	58.6	59.6	57.1	58.8	55.9	57.6	58.3	57.4	51.0	—
化学分析	灰分（%）	4.4	4.5	4.9	5.7	7.8	6.9	8.1	6.0	5.5	6.5	5.3	13.1	17.8
	木素（%）	8.9	8.7	7.8	6.6	8.9	5.9	8.8	5.9	6.7	6.3	6.0	4.2	3.2
	聚戊糖（%）	29.5	29.4	28.4	28.0	25.0	27.1	24.6	25.9	30.1	29.4	28.2	20.0	17.9
	木素与聚戊糖比	0.30	0.30	0.27	0.24	0.36	0.22	0.36	0.23	0.22	0.21	0.21	0.21	0.18
	β+γ纤维素（%）	28.0	27.8	26.1	25.4	23.5	24.6	22.6	24.5	25.4	25.9	25.0	17.5	—
	α-纤维素（%）	55.4	55.5	56.9	57.8	57.2	58.5	57.0	59.5	59.8	59.1	59.2	64.4	65.8
些组分的去除率（对稻草原料）	灰分去除率（%）	84.9	84.8	83.6	81.6	74.5	78.6	74.0	81.8	82.5	79.2	83.5	63.5	—
	木素去除率（%）	52.8	53.9	59.7	67.2	55.2	71.3	56.1	72.1	76.1	68.9	70.9	81.7	—
	聚戊糖去除率（%）	41.5	41.9	45.3	48.1	52.8	51.0	54.2	54.2	45.1	45.7	48.7	67.6	—
	α-纤维素去除率（%）	9.5	9.4	9.5	11.5	11.1	12.7	12.6	13.2	10.0	10.0	11.2	14.2	—

表4-7-26　　麦草不同温度制可漂浆的试验结果

		I	II	III	IV	V
蒸煮	最高温度（℃）	100	115	130	145	158
	NaOH用量（%）	19	12	10	9	16
	Na_2SO_3用量（%）	2	2	2	2	3
	保温时间（时:分）	1:30	1:30	1:30	1:30	2:15
	粗浆硬度（高锰酸钾值）	19.2	18.4	20.2	22.3	12.2
	黑液残碱（g/l）	14.6	7.4	3.2	1.9	3.5
	粗浆得率（%）	51.09	55.30	55.05	56.17	46.54
细浆	细浆得率（%）	44.05	47.89	47.89	46.64	39.58
	细浆硬度（高锰酸钾值）	18.7	16.5	19.1	21.7	9.95
	灰分（%）	3.29	3.75	4.37	3.84	3.52
	聚戊糖（%）	21.7	22.3	22.4	22.1	21.7
	α-纤维素（%）	80.19	75.51	74.56	73.25	74.31
	粘度（$\times10^{-4}$Pa·s）	849	1032	1023	1132	1320
漂白	漂率（有效氯）（%）	13.5	12.5	14.5	16.2	7.5
	白度（三色光）（%）	77	75.3	75.5	76.7	80
	漂白浆硬度（高锰酸钾值）	2.9	2.4	2.5	3.0	1.0
	漂白浆得率（对原料）（%）	40.02	43.84	41.12	42.95	37.28
化学分析	灰分（%）	3.05	3.26	3.06	3.61	2.47
	聚戊糖（%）	21.08	21.21	23.11	24.32	23.03
	α-纤维素（%）	70.18	64.71	67.15	65.11	67.61
物理性能	耐破度（kPa）	137(1.4 kg/cm²)	147(1.5 kg/cm²)	137(1.4 kg/cm²)	108(1.1 kg/cm²)	68.6(0.7 kg/cm²)
	耐折度（双次）	43	29	26	27	2.7
	撕裂度（mN）	349 (35.6g)	282 (28.8g)	251 (25.6g)	286 (29.2g)	270 (27.6g)

2. 麦草不同温度蒸煮的比较

见表4-7-26。

由以上几个影响蒸煮的参变数可看出稻麦草蒸煮的一般规律。

（1）碱法蒸煮

① 纸浆硬度、得率、漂率、木素及灰分含量均随用碱量的增加而降低。

② 蒸煮黑液残碱及漂后浆白度和粘度随用碱量的增加而提高。

③ 在用碱量不变时，纸浆硬度、得率和木素含量随蒸煮温度（压力）的提高或时间的延长而降低；而灰分含量随着高温时间的延长而显著增加。

④ 在硫化度不变时，有效碱用量的变化规律与①、②两点相似。

⑤ 在有效碱用量相同的情况下，粗浆得率随硫化度的上升而提高。粗浆硬度、木素含量和漂后浆白度，则以硫化度30%左右较好；硫化度过高，白度反而下降。生产上多采用10～15%硫化度。

（2）碱性亚硫酸盐法蒸煮

① 在总碱量相同、亚硫酸化度在0.23～0.7之间时，纸浆硬度、木素含量和漂率均较低，适宜于生产漂白浆。

② 保持总碱量不变时，随着 NaOH 的增加和 Na_2SO_3 的下降，纸浆性质趋近于碱法浆。反之，增加Na_2SO_3，即减少NaOH，则纸浆硬度、得率、筛渣率和灰分含量增加，浆料外观较粗硬。

表4-7-27　麦草烧碱法，烧碱-蒽醌法和硫酸盐法蒸煮对比

蒸煮方法	用碱量（%）	保温时间（h）	蒸煮① 黑液残碱（g/l）	粗浆得率（%）	粗渣率（%）	卡伯值	结果 不同漂率下的白度②（%） 3.0	3.5	4.0	4.5	打浆③ 时间（时：分）	浆张强度 裂断长（m）	耐折因子	耐破因子	撕裂因子
烧碱法	15.0	6.0	4.45	51.7	1.00	15.1	64.2	69.4	72.7	—	0:29	7430	529	47.8	42.4
		4.0	5.35	52.4	0.56	15.7	6.72	69.8	72.5	74.4	0:29	7720	883	53.8	43.0
		2.0	5.56	52.0	2.32	18.7	—	—	—	—	0:29	8615	701	59.1	49.3
烧碱-蒽醌法	12.0	2.0	3.85	54.9	0.70	13.5	67.9	72.5	74.2	—	0:20	8330	980	55.6	42.6
	11.0	2.0	2.46	55.6	1.78	16.5	59.6	66.1	69.8	72.9	0:24	9125	633	57.4	41.1
硫酸盐法	14.0	2.0	4.31	52.8	0.82	12.7	70.8	74.0	76.6	—	0:23	8520	867	55.9	45.5
	13.0	2.0	4.42	53.6	1.02	14.7	66.6	71.2	74.4	—	0:22	8590	651	57.1	44.1

① 蒸煮条件：烧碱-蒽醌法，蒽醌添加量 0.05%；硫酸盐法硫化度 15%；最高温度 155℃，最高压力 4.2～4.4kg/cm²；升温 1.5h。

② 漂白条件：浆浓5%，温度40±1℃。

③ 打浆度：41±°SR。

七、添加蒽醌对蒸煮的影响

在麦草碱法蒸煮中，添加少量蒽醌，可以降低用碱量，提高纸浆得率，缩短蒸煮周期(见表4-7-27)，效果是显著的。尤其是麦草的烧碱-蒽醌法比硫酸盐-蒽醌法效果大(见表4-7-28)。但对稻草的蒸煮却没有明显的效果。

烧碱-蒽醌浆比一般烧碱浆或硫酸盐浆难漂白，表现在相同卡伯价的浆以相同漂率制得的浆白度较低(见表4-7-29)。

表4-7-28　麦草烧碱-蒽醌法蒸煮与烧碱法和硫酸盐法蒸煮效果的对比

	与烧碱法比	与硫酸盐法比
用碱量降低（%）	20.0	7.7
纸浆得率提高（%）	4.8	2.4
漂白氯耗降低（漂至60～70%白度）（%）	7.1～12.5	0
打浆时间（打浆度41±1°SR）	缩短17.2～31.0%	相当
浆张强度（硬度相近的浆）	稍有提高	相当

表4-7-29　烧碱法与烧碱-蒽醌法硬度相近的麦草浆的漂白对比

		烧碱法	烧碱-蒽醌法
硬度	卡伯值	29.5	28.4
	高锰酸钾值	16.5	16.8
不同漂率(%)下的白度(%)	5.0	58.0	53.7
	6.0	63.0	60.8
	7.0	67.1	66.4
	8.0	71.0	70.7

七、添加蒽醌对蒸煮的影响

在麦草碱法蒸煮中，添加少量蒽醌，可以降低用碱量，提高纸浆得率，缩短蒸煮周期(见表4-7-27)，效果是显著的。尤其是麦草的烧碱-蒽醌法比硫酸盐-蒽醌法效果大(见表4-7-28)。但对稻草的蒸煮却没有明显的效果。

烧碱-蒽醌浆比一般烧碱浆或硫酸盐浆难漂白，表现在相同卡伯价的浆以相同漂率制得的浆白度较低(见表4-7-29)。

表4-7-28　麦草烧碱-蒽醌法蒸煮与烧碱法和硫酸盐法蒸煮效果的对比

	与烧碱法比	与硫酸盐法比
用碱量降低（%）	20.0	7.7
纸浆得率提高（%）	4.8	2.4
漂白氯耗降低（漂至60～70%白度）（%）	7.1～12.5	0
打浆时间（打浆度41±1°SR）	缩短17.2～31.0%	相当
浆张强度（硬度相近的浆）	稍有提高	相当

表4-7-29　烧碱法与烧碱-蒽醌法硬度相近的麦草浆的漂白对比

		烧碱法	烧碱-蒽醌法
硬度	卡伯值	29.5	28.4
	高锰酸钾值	16.5	16.8
不同漂率(%)下的白度(%)	5.0	58.0	53.7
	6.0	63.0	60.8
	7.0	67.1	66.4
	8.0	71.0	70.7

八、蒸煮实例

（一）国内稻麦草碱法蒸煮实例

1. 可漂稻草浆　　表4-7-30
2. 可漂麦草浆　　表4-7-31
3. 纸板用稻草浆　　表4-7-32
4. 纸板用麦草浆　　表4-7-33

（二）技术经济指标（表4-7-34及表4-7-35）

表4-7-30　　可漂稻草浆蒸煮实例

	烧碱法			碱性亚硫酸钠法	硫酸盐法
蒸球容积（m^3）	25	25	40	40	14
装球量（kg/m^3）	140	125	—	150	—
用碱量NaOH（%）	8.0	8.0～10	11.0	6.0	8.0
Na_2SO_3（%）	0	0	0	2.0	0
Na_2S（%）	0	0	0	0	2.0
液比	1:2.8	1:3～3.2	—	1:3.2	1:2.0
碱液温度（℃）	80～90	85	—	90～95	—
蒸煮最高压力（kPa）	490（5.0 kg/cm²）	539（5.5 kg/cm²）	539（5.5 kg/cm²）	549（5.6 kg/cm²）	490（5.0 kg/cm²）
蒸煮全程时间（时:分）	—	—	—	3:00～3:40	—
其中：装料（min）	—	—	—	60～85	—
空转（min）	15	30	20	—	30
升温（min）	60	150	100	45～65	30
保温（min）	0	0	0	60	30
喷放（min）	—	10	—	10	10
黑液残碱（g/l）	3～6	2～5	1.6～2.4	1～3	—
粗浆硬度（高锰酸钾值）	10～14	11.5～15.5	—	14～17	13～15
粗浆得率（%）	—	—	—	55～57	—
细浆得率（%）	—	漂白浆32.7	31.7	44	42
漂白用氯量（有效氯）（%）	—	6.2	5.0	—	—
漂后浆白度（%）	—	68	62	—	64.8

表4-7-31　　可漂麦草浆蒸煮实例

	烧碱法	碱性亚硫酸钠法		硫酸盐法			
蒸球容积（m^3）	25	25	40	14	25	—	—
装球量（kg/m^3）	140	144	150	—	140	160	160
用碱量（Na_2O）（%）					10.9	10.5～10.9	10.28
其中：NaOH（%）	12.0	9.0	9～10	11.0	12.4	10.1～10.5	13.3
Na_2SO_3（%）	0	3.0	3.0	0	0	0	0
Na_2S（%）	0		0	2.6	1.6	3.4～3.5	硫1%
蒽醌（%）	0.03	0.027	0	0	0	0	0
液比	—	1:2.8	1:3.2	1:2	1:2.3	1:2.7～2.8	1:3
碱液温度（℃）	—	—	90～95	—	>80	85～90	—
蒸煮最高压力（kPa）	588	539	549	490	588	588	588
	(6.0kg/cm²)	(5.5kg/cm²)	(5.6kg/cm²)	(5.0kg/cm²)	(6.0kg/cm²)	(6.0kg/cm²)	(6.0kg/cm²)
蒸煮全程时间（时:分）	—	3:20	3:30	—	3:30～4:00	—	6:50
其中：装料（min）	—	60	75	—	40～50	50	50
空转（min）	15	10	0	30	0	—	0
升温（min）	60	120	40	30	30	210	265
保温（min）	90	0	90	90	120	120	90
喷放（min）	—	10	10	10	5～10	—	5
黑液残碱（g/l）	8～12	6～9	5	—	10～12	2.4～3.2	—
粗浆硬度（高锰酸钾值）	12～14	12～14	15～17	13～15	10～14	9～12	9～12
粗浆得率（%）	—	—	—	—	55.5	43.8～45.2	50～52
细浆得率（%）	—	漂白浆39.7	—	42～46	53.1	38.8～40	41.2
漂白用氯量（有效氯）（%）	—	5.4	—	—	6	4	7.4
漂后浆白度（%）	—	—	—	64.8	65	70	80

表4-7-31　　可漂麦草浆蒸煮实例

	烧碱法	碱性亚硫酸钠法		硫酸盐法			
蒸球容积（m^3）	25	25	40	14	25	—	—
装球量（kg/m^3）	140	144	150	—	140	160	160
用碱量（Na_2O）（%）					10.9	10.5～10.9	10.28
其中，NaOH（%）	12.0	9.0	9～10	11.0	12.4	10.1～10.5	13.3
Na_2SO_4（%）	0	3.0	3.0	0	0	0	0
Na_2S（%）	0		0	2.6	1.6	3.4～3.5	硫1%
蒽醌（%）	0.03	0.027	0	0	0	0	0
液比	—	1:2.8	1:3.2	1:2	1:2.3	1:2.7～2.8	1:3
碱液温度（℃）	—	—	90～95	—	>80	85～90	—
蒸煮最高压力（kPa）	588 (6.0kg/cm^2)	539 (5.5kg/cm^2)	549 (5.6kg/cm^2)	490 (5.0kg/cm^2)	588 (6.0kg/cm^2)	588 (6.0kg/cm^2)	588 (6.0kg/cm^2)
蒸煮全程时间（时:分）	—	3:20	3:30	—	3:30～4:00	—	6:50
其中：装料（min）	—	60	75	—	10～50	50	50
空转（min）	15	10	0	30	0	—	0
升温（min）	60	120	40	30	30	210	265
保温（min）	90	0	90	90	120	120	90
喷放（min）	—	10	10	10	5～10	—	5
黑液残碱（g/l）	9～12	6～9	5	—	10～12	2.4～3.2	—
粗浆硬度（高锰酸钾值）	12～14	12～14	15～17	13～15	10～14	9～12	9～12
粗浆得率（%）	—	—	—	—	55.5	43.8～45.2	50～52
细浆得率（%）	—	漂白浆 39.7	—	42～46	53.1	38.8～40	41.2
漂白用氯量（有效氯）（%）	—	5.4	—	—	6	4	7.4
漂后浆白度（%）	—	—	—	64.8	65	70	80

表4-7-32　　纸板用稻草浆蒸煮实例

	石灰法				烧碱法		烧碱加石灰法	
装球量(kg/m³)	97.3	100	110	103～128	110	100	100～105	97.3
NaOH用量(%)	0	0	0	0	5～6	4.8	1.5～1.8	1.55
石灰用量（%）	10	13	7.7	5.5～6.0	0	0	$Ca(OH)_2$ 2.4～3.0	5
液比	1:2.8	1:2.5	1:2.8	1:2.8	1:2	1:2.8	1:3.4～3.6	1:2.8
蒸煮最高压力 (kPa)	392 (4kg/cm²)	—	490 (5kg/cm²)	490 (5kg/cm²)	588 (6kg/cm²)	392 (4kg/cm²)	392～441 (4～4.5 kg/cm²)	392 (4kg/cm²)
蒸煮全程时间 (时:分)	2:40～3:10	4:20	3:00	3:50～4:10	4:40～5:40	2:10～2:40	—	3:10～3:40
其中:装料(min)	60	25～35	50	—	60	60	—	60
通汽(min)	30	30	60	60	40	30	40	30
保温(min)	90	150	70	100	120～180	90～120	150～180	90～160
放汽(min)	10	30	5	15	1	10	15	10
放料(min)	—	10～20	—	10	—	—	—	—
粗浆硬度（高锰酸钾值）	30～34	33～36	30	36～38	25～30	29～33	28～30	29～34
粗浆得率（%）	68～70	67	55	55	61～63	66～67.5	60	69.7
浆料用途	箱纸板底浆	黄纸板	黄纸板	黄纸板	箱纸板	箱纸板面浆	箱纸板	黄纸板

表4-7-33　　纸板用麦草浆蒸煮实例

	烧碱法	烧碱加石灰法	
装球量（kg/m³）	112	100	112
NaOH用量（%）	14	6.3	7.5
石灰用量（%）	0	$Ca(OH)_2$ 3.0	2.4
蒸煮最高压力（kPa）	490 (5kg/cm²)	392～441 (4～4.5kg/cm²)	392～441 (4～4.5kg/cm²)
蒸煮全程时间（时:分）	3:30	3:55～4:55	3:55～4:55
其中：装料（min）		40	40
通汽（min）	50	3～4h	3～4h
保温（min）	100		
放汽放料（min）	5	15	15
粗浆硬度（高锰酸钾值）	12～14	26～28	24～28
粗浆得率（%）	40	60～65	60～65
浆料用途	纸板面浆		

表4-7-54　漂白碱法稻麦草浆生产主要技术经济指标

		稻草浆	稻草浆	稻草浆	麦草浆	麦草浆	麦草浆	麦草浆
蒸煮锅	型式	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球
	容积(m^3)	40	40	25	40	25	25	25
装锅量(绝干kg/m^3)		135	113	146	148	144	160	164
平均蒸煮时间(时:分)		3:45	3:16	5:55	6:54	3:50	4:10	6:30
纸浆得率(%)	粗浆	83.7	82.9	75.0	86	78.3	87.74	91
	成浆	33.75	31.9	31.4	37.95	37.2	37.1	42
漂白损失率(%)		10.5	6	6	8	5	10	6
每吨纸浆消耗	纤维原料(kg)	2963	2667	3182	2635	2685	2694	2400
	烧碱(kg)	346	209	298	151	296	387.6	273
	硫化碱(kg)	—	15	36	99	—	硫：11.4	—
	氯(kg)	97.8	33	109	90	54	88.8	46.2
	标准煤(kg)	510	429	896	439	377	712.2	778
	电(kw·h)	298	296	360	263	216	506.2	743

表4-7-35　本色石灰法和烧碱法稻麦草浆生产主要技术经济指标

		稻草					麦草	
浆料种类		石灰法浆	石灰法浆	本色浆	本色浆	本色浆	本色浆	本色浆
蒸煮锅	型式		蒸球	蒸球	蒸球		蒸球	—
	容积(m^3)	—	40	40	40	—	40	—
装锅量(绝干kg/m^3)		—	102	99.5	130	—	141	—
平均蒸煮时间(时:分)		3:30	4:22	4:00	3:19	3:39	4:51	3:30
纸浆得率(%)	粗浆	68	68	55.6	70	34.4	70	64.8
	细浆	82	94	90	79.6	82	79	81.9
成浆率(%)		55.8	64	50	55.7	52.8	55.3	53.1
每吨纸浆消耗	纤维原料(kg)	1794	1560	2000	1795	1893	1809	1882
	烧碱(kg)	—	15	56	72	81	124	132
	石灰(kg)	248	221	72	—	—	—	—
	标准煤(kg)	242	274	240	250	212	219	256
	电(kw·h)	181	240	218	159	181	156	183
浆料用途		黄纸板	黄纸板	纸板	红板	纸板	纸板	纸板

（三）　国外稻麦草浆碱法蒸煮实例

1. **可漂稻麦草浆**　表4-7-36

2. **纸板用稻麦草浆**　表4-7-37

表4-7-36　　国外可漂稻麦草浆蒸煮实例

	稻草				麦草
	埃及	日本	斯里兰卡	匈牙利	匈牙利
切草长度（cm）	—	2.5～3.0	—	2.5～3.0	2.5～3.0
装锅量(绝干)（kg/m³）	118	120～130	118	—	160
NaOH用量（%）	9～11	10	10	Na_2O14%（亚硫酸化度）	Na_2O14%（亚硫酸化度）
Na_2SO_3				0.15	0.8
液比	1:4	1:1.5	1:4	—	—
蒸煮最高压力（kPa）	764（7.8 kg/cm²）	490（5.0 kg/cm²）	—	—	—
蒸煮最高温度（℃）	—	—	170	170	170
蒸煮全程时间（h:min）	4:00～4:30	—	—	—	—
其中：升温（min）	60	60	—	60	60
保温（min）	90～120	150	150	15	60
粗浆硬度（高锰酸钾值）	7.5	—	10～12	—	—
粗浆得率（%）	40～42	37～38（漂后浆）	43	—	—

表4-7-37　　国外纸板用稻麦草浆蒸煮实例

	稻	草（日本）		麦草（西班牙）
装锅量（kg/m³）	150～160	150～160	150～160	140～160
Na_2CO_3或NaOH用量(%)	0	0	1～2	4～6
$Ca(OH)_2$用量（%）	10	8	6.5	0
液比	1:3	1:3	1:2.5	1:3
药液温度（℃）	50	50	85	—
蒸煮最高压力（kPa）	568～588（5.8～6.0 kg/cm²）	392～411.6（4.0～4.2 kg/cm²）	411.6（4.2kg/cm²）	686（7kg/cm²）
蒸煮全程时间（时:分）	4:30	4:30	5:00	4:55
其中：升温（min）	60	60	60	120
保温（时:分）	2:00～2:30	2:00～2:30	2:00	1:30
粗浆得率（%）	55～60	55～60	55～60	68～70
浆料	黄纸板	同左	同左	瓦楞芯纸
用途	瓦楞芯纸			

第八节　甘蔗渣制浆

一、概　　述

甘蔗渣是甘蔗经糖厂加工提汁后的副产品。长期以来，它作为糖厂的能源。国际上，蔗渣造纸的大规模工业化生产始于三十年代末期，并随着蔗渣制浆造纸及碱回收技术的进步而得到迅速发展。至目前，蔗渣浆年产量估计达到200万吨，是近三十年来非木材纤维原料中发展最快的一种。我国解放后，蔗渣造纸也有较大的发展。

从生长速度来看，单位面积每年可获得的纤维量，甘蔗约与速生木材相当。

由于甘蔗渣是制糖工业的副产品，因而具有量大、集中和较易收集的特点，因此，蔗渣浆厂可具有比较大的生产规模。目前，国际上最大的蔗渣浆厂达到10万吨/年。蔗渣的可利用程度取决于其集中的程度以及替代燃料的价格和供应情况。

蔗渣的纤维素含量与木材相近，聚戊糖比木材含量高而木素含量较低，但硅含量则高得多。蔗渣纤维的平均长度与阔叶木相近。因此，蔗渣具有良好的制浆性能，可用多种传统的方法制取漂白浆和本色浆，如烧碱法、硫酸盐法、碱氯法、中性亚硫酸钠法、亚硫酸镁盐法化学机械法以及一些改良的方法（如Cusi法）等。其中以烧碱法使用得最广泛。

蔗渣含硅量虽然比木材高，但比多数草类纤维要低，因此碱回收的困难相对地小些。

二、制浆对原料质量的要求

（一）蔗渣中含有一些对制浆造纸有影响的特殊组分

（1）新鲜蔗渣含有1.5～2.0%残糖。残糖在蒸煮时要多消耗化学药品。

（2）硅含量高，会给碱回收带来许多困难。

（3）蔗渣中含有30～35%海绵状的蔗髓。

蔗渣纤维与蔗髓，在化学组成上，除了灰分较高和α-纤维素含量稍低外，其余无多大的差别。但其物理性质和纤维形态（见表4-8-1和表4-8-2)却有很大的差异。

蔗髓具有很强的吸收性，其吸收量为其自身重量的30倍(皮部和维管束仅为5倍)。蒸煮中蔗髓吸收过多的药液而产生过煮，除了降低蒸煮的均匀性、降低纸浆得率和增加化学药品的消耗外，还使纸浆滤水困难，强度降低。因此，除髓是提高蔗渣质量、生产高质量纸浆的关键环节。此外，加强除髓还对降低硅含量有一定的作用(见表4-8-3)。残糖则可通过洗涤和贮存过程中自然发酵而去掉。

表4-8-1　　蔗渣各种细胞含量表

		全蔗渣①	除髓蔗渣②	蔗髓
纤维细胞（%）		60.4	71.9	13.9
非纤维细胞	薄壁细胞（%）	31.2	22.7	50.5
	表皮细胞（%）	2.6	1.8	33.5
	导管（%）	2.2	3.7	2.1

① 甘蔗品种是POJ3016。

② 除髓方法是湿法，用12目铜网筛出，筛出率为32%。

二、制浆对原料质量的要求

（一）蔗渣中含有一些对制浆造纸有影响的特殊组分

（1）新鲜蔗渣含有1.5～2.0%残糖。残糖在蒸煮时要多消耗化学药品。

（2）硅含量高，会给碱回收带来许多困难。

（3）蔗渣中含有30～35%海绵状的蔗髓。

蔗渣纤维与蔗髓，在化学组成上，除了灰分较高和α-纤维素含量稍低外，其余无多大的差别。但其物理性质和纤维形态（见表4-8-1和表4-8-2）却有很大的差异。

蔗髓具有很强的吸收性，其吸收量为其自身重量的30倍（皮部和维管束仅为5倍）。蒸煮中蔗髓吸收过多的药液而产生过煮，除了降低蒸煮的均匀性、降低纸浆得率和增加化学药品的消耗外，还使纸浆滤水困难，强度降低。因此，除髓是提高蔗渣质量、生产高质量纸浆的关键环节。此外，加强除髓还对降低硅含量有一定的作用（见表4-8-3）。残糖则可通过洗涤和贮存过程中自然发酵而去掉。

表4-8-1　蔗渣各种细胞含量表

		全蔗渣①	除髓蔗渣②	蔗髓
纤维细胞（%）		60.4	71.9	13.9
非纤维细胞	薄壁细胞（%）	31.2	22.7	50.5
	表皮细胞（%）	2.6	1.8	33.5
	导管（%）	2.2	3.7	2.1

① 甘蔗品种是POJ3016。

② 除髓方法是湿法，用12目铜网筛出，筛出率为32%。

表4-8-2　蔗渣各种细胞的量度

	长度（mm）			宽度（μm）			长宽比
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	
纤维	2.80	0.80	1.70	34.1	10.2	20	85
导管	1.35	—	—	150	—	—	9
髓部	0.84	—	0.30	140	—	50	6

表4-8-3　不同的除髓方法对降低蔗渣灰分和硅含量的比较

	蔗渣①		蔗渣			
	原蔗渣	湿法除髓后（筛孔ϕ_2mm）	原蔗渣	湿法除髓后（筛孔ϕ_1mm）	干法风选后	干法风选再过筛
净化后得率（%）	—	60	—	>90	75	67
灰分（g/kg）	25.0	10.4	20.9	15.2	18.1	17.0
二氧化硅含量（g/kg）	18.5	6.4	14.5	8.2	12.0	10.5

① 蔗渣来源：广东省东莞糖厂。

（二）不同的制糖压榨处理对蔗渣质量的影响

甘蔗在压榨提汁过程中，纤维受到不同程度的损伤。通过蔗刀组数和压榨座数越多，蔗渣就越碎，成浆纤维平均长度就越短。

另根据国外资料：甘蔗通过一座蔗刀机和三座压榨机，约有40%的纤维受到损伤。

从蔗渣的外观形态看，长度较大的片状蔗渣比细碎蔗渣的质量好。现将广东某糖厂蔗渣和墨西哥蔗渣的纤维形态比较如表4-8-6和图4-8-1。

表4-8-4 甘蔗通过不同的蔗刀组数和各座压榨后蔗渣的筛分

蔗刀组数	压榨座数	蔗渣筛分（%）		
		2.5mm以上	2.0～2.5mm	2.0mm以下
两组	1	76.50	9.25	14.25
	2	—	—	—
	3	66.50	9.00	24.50
	4	59.00	9.35	31.65
	5	—	—	—
	6	48.15	8.65	43.20
三组	1	71.65	9.35	19.00
	2	69.85	9.85	20.30
	3	61.75	11.75	26.50
	4	—	—	—
	5	54.35	9.35	36.3
	6	52.25	7.0	40.75

表4-8-5 不同筛分的蔗渣的纤维量度

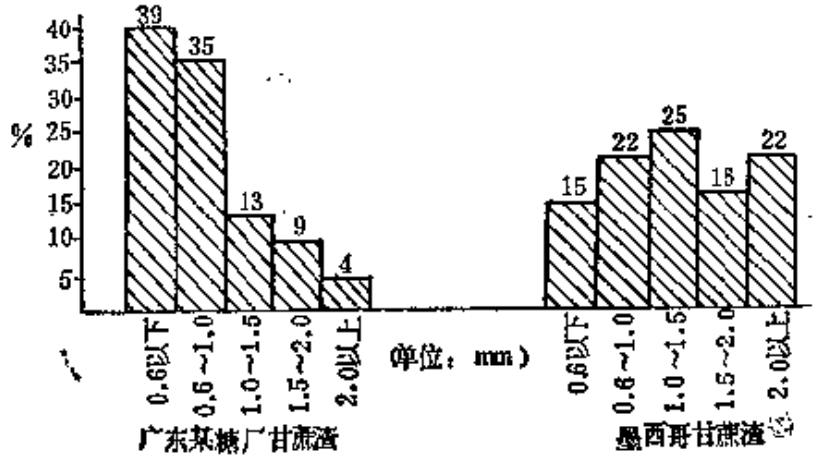
	蔗渣筛分（%）			
	1.0mm以下	1.0～2.0mm	2.0～3.0mm	3.0mm以上
纤维切断率（%）	49.1	4.35	30.3	33.3
纤维平均长度① (mm)	0.47	0.61	0.75	0.76

① 纤维长度是将蔗渣按实际生产的工艺条件蒸煮后测得的。

表4-8-6　　广东蔗渣与墨西哥蔗渣的比较①

		广东蔗渣	墨西哥蔗渣
蔗渣形态		长约2cm 粉状蔗渣和髓很多	长3～5cm 片、丝状为主，皮部纤维占多数
纤维	平均长度（mm）	1.03	1.41
	平均宽度（μm）	18.1	19
	长宽比	57	74
杂细胞	总含量(对总面积比)（%）	46.2	28
	薄壁细胞（%）	34.2	19
	其中：杆状(%)	16.2	17
	非杆状(%)	18	2
	导管　　(%)	12	7
	表皮　　(%)	—	2

① 这两种蔗渣除了形态的差异外，还可能存在甘蔗品种和产地差异的因素。



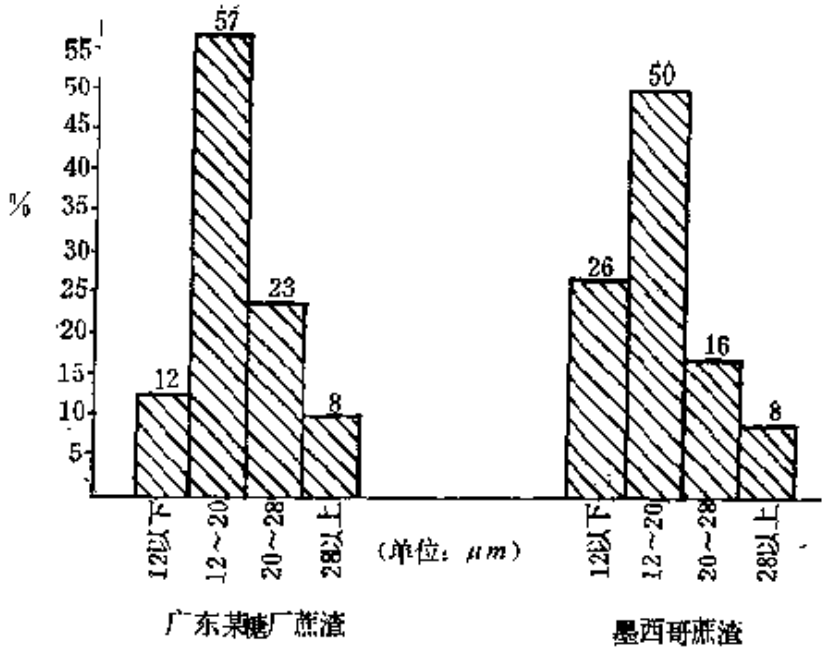


图 4-8-1　广东蔗渣与墨西哥蔗渣纤维长度和宽度比较

（三）对蔗渣原料质量的要求

（1）蔗渣应贮存 3 个月以上。

（2）尽量把蔗髓除净。

（3）蔗渣外观应为黄白色或浅黄色，不应发红变酸、霉烂变质。

（4）蔗渣的形态最好是有一定长度的片状或丝状，粉状的比例越少越好。

三、不同制浆方法的比较

同一种蔗渣原料，以不同的制浆方法所制得的纸浆，其得率、化学成分、打浆性能和物理强度均有差异。表4-8-7和表4-8-8分别列出国内和国外几种不同制浆方法的比较。

表4-8-7

蔗渣三种制浆方法的比较（国内）

		硫酸盐法	中性亚硫酸钠法	亚硫酸镁盐法
药液浓度		Na_2O 18.76g/l 硫化度 26%	Na_2SO_3 24.6g/l Na_2CO_3 2.7g/l	总酸 20g/l 游离酸 7g/l
液比		1:8	1:8	1:6
蒸锅及加热方式		小试锅，电热	小试锅，电热	150m³大锅，直接蒸汽加热
蒸煮条件及结果	最高温度（℃）	155	170	160
	最高压力（kPa）	490（5.0kg/cm²）	784（8.0kg/cm²）	588（6.0kg/cm²）
	升温时间(时:分)	1:00	2:38	2:20
	保温时间(时:分)	3:30	3:00	2:55
	总时间（时:分）	4:30	5:38	5:15
	得率（%）	53.8	51.6	54.5
	硬度（贝克曼价）	63.2	41.8	58.4
浆料化学成份	α-纤维素（%）	72.88	74.04	84.88
	聚戊糖（%）	30.11	26.56	14.67
	木素（%）	1.12	0.96	1.63
	灰分（%）	1.04	1.06	1.85

续表

		硫酸盐法			中性亚硫酸钠法			亚硫酸镁盐法		
药液浓度		Na_2O 18.76g/l 硫比度 26%			Na_2SO_3 24.6g/l Na_2CO_3 2.7g/l			总酸 20g/l 游离酸 7g/l		
液比		1:8			1:8			1:6		
蒸锅及加热方式		小试锅，电热			小试锅，电热			150m³大锅，直接蒸汽加热		
浆料物理性能	打浆时间（min）	原浆	15	60	原浆	15	45	原浆	10	50
	打浆度（°SR）	—	25	66.5	—	29	59.5	—	24	42
	裂断长（m）	1690	4950	8220	3400	4920	5860	2710	3620	5480
	耐破度（kPa）	56	183	243	135	216	274	73.5	111	157
		(0.57) (kg/cm²)	(1.87) (kg/cm²)	(2.48) (kg/cm²)	(1.38) (kg/cm²)	(2.120) (kg/cm²)	(2.80) (kg/cm²)	(0.75) (kg/cm²)	(1.13) (kg/cm²)	(1.60) (kg/cm²)
	耐折度（次）	2	70	1157	40	360	1039	8	11	63
	撕裂度（mN）	382	284	225	402	392	333	157	392	314
		(39g)	(29g)	(23g)	(41g)	(40g)	(34g)	(16g)	(40g)	(32g)

三种蔗渣浆化学分析结果是：亚硫酸镁盐法纸浆α-纤维素含量最高，聚戊糖最低；硫酸盐法纸浆聚戊糖最高，中性亚硫酸钠法木素最少。物理强度以中性亚硫酸钠法和硫酸盐法较好。三种蔗渣浆的打浆性能见图4-8-2。

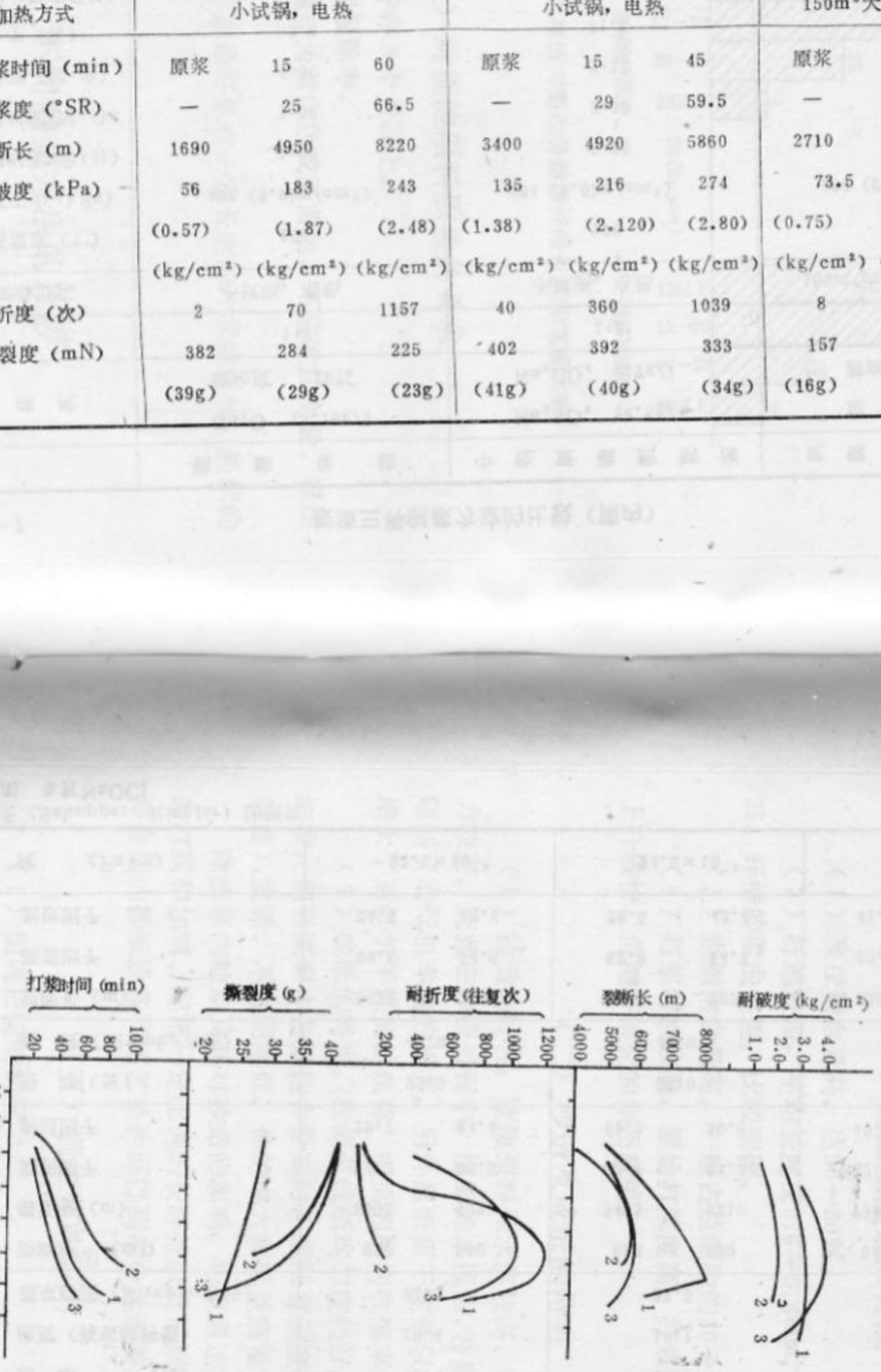


图 4-8-2

1-硫酸盐法 2-亚硫酸镁盐法 3-中性亚硫酸钠法

三种蔗渣浆化学分析结果是：亚硫酸镁盐法纸浆α-纤维素含量最高，聚戊糖最低；硫酸盐法纸浆聚戊糖最高，中性亚硫酸钠法木素最少。物理强度以中性亚硫酸钠法和硫酸盐法较好。三种蔗渣浆的打浆性能见图4-8-2。

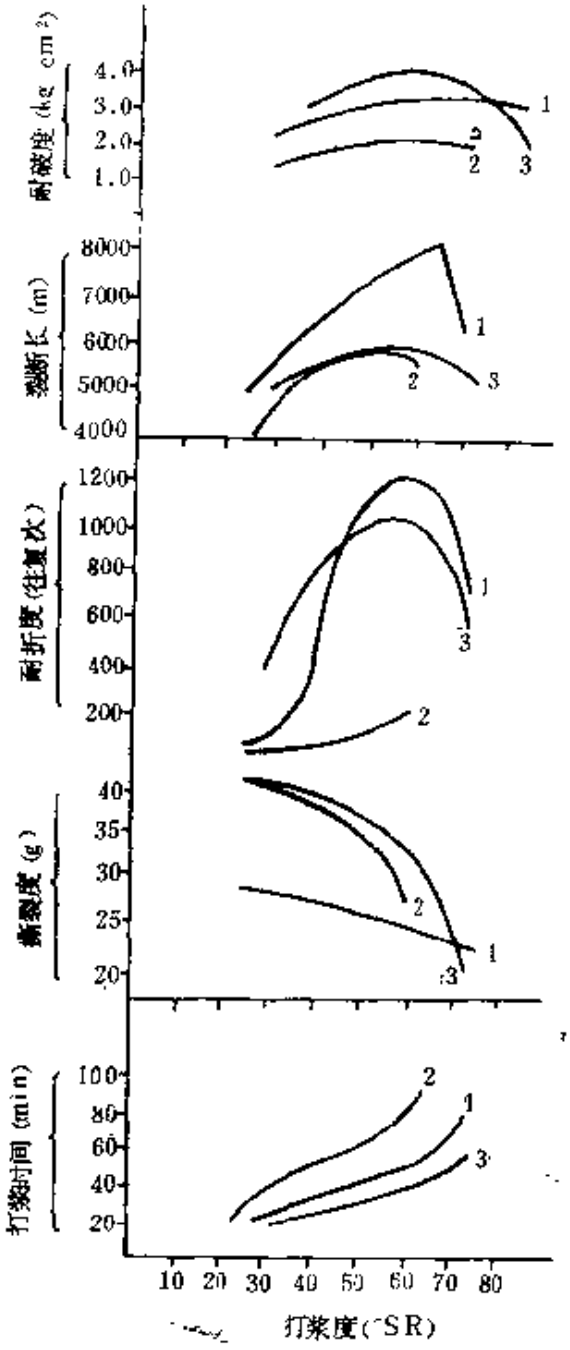


图 4-8-2

1-硫酸盐法 2-亚硫酸镁盐法 3-中性亚硫酸钠法

表4-8-8　　拉丁美洲三种不同制浆方法的蔗渣浆的比较

		烧碱法		硫酸盐法		碱性亚硫酸钠法	
蒸煮结果	化学药品用量（%）	14.13		14.13		14.13	
	得率　（%）	53.4		55.7		75	
	硬度（高锰酸钾值）	19.4		19.1		18.5	
	原浆白度（Elrepho方法）	31.5		27.5		48.0	
未漂浆强度	游离度①（ml）	650	500	650	500	650	500
	裂断长（m）	5095	6020	5433	6216	7392	7700
	撕裂因子	62.2	56.5	60.8	54.2	62.0	55.0
	耐破因子	29.7	34.4	31.3	36.6	40.9	43.5
漂白	得率（%）②	95.9		96.0		96.0	
	白度（Elrepho方法）	41.0		41.0		65.0	
漂白浆强度	裂断长（m）	6020	6698	6307	7073	7300	7700
	撕裂因子	60.6	54.6	62.2	54.3	60.0	55.3
	耐破因子	34.5	40.9	38.5	43.4	41.0	43.0
粘度　（Pa·s）		22.5×10^{-3}		24.5×10^{-3}		42.8×10^{-3}	

① 用肖氏（Schopper Riegler）法测定
② 漂白用 5%NaOCl

四、蔗渣浆的特性与用途

（一）碱法蔗渣浆的特点

（1）聚戊糖含量高，达25～30%。

（2）纤维较短，平均长度仅0.6～0.8mm，长宽比仅30～35。纤维的柔曲性差，比较刚硬。

（3）杂细胞含量高，一般占总细胞的30～35%。

（4）打浆特性较差，原始打浆度高；打浆过程中，打浆度上升较快，但细纤维化的作用较差。

（二）抄造及成纸的特点

（1）抄造的特性：蔗渣浆料保水值较高、湿强度低，粘附力较高。因此在抄造过程中，湿部滤水困难，容易粘压榨和断头，限制了造纸机车速的提高。另外湿纸页干度低以及干燥速度慢，增大了造纸机干燥部的负荷，纸页的横向收缩率也较高。

（2）成纸的特点：蔗渣浆成纸均匀度较好，纸面比较平滑细致。但当浆料中杂细胞含量高时，成纸有强度较低（特别是撕裂度），发脆、不透明度低、伸缩率大和毛毯痕重等缺点。

蔗渣浆的缺点及其对抄造的影响，可以通过加强除髓、合理的打浆和加填、配用一定比例的长纤维以及根据蔗渣浆的特点选择合适的抄纸设备和工艺条件而得到部分地改善。

（三）蔗渣浆的应用

（1）国内目前的情况

蔗渣浆已用于生产邮封纸、有光纸、书写纸、凸版印刷纸、胶版印刷纸、白板纸和瓦楞芯纸等品种。

（2）国外应用实例见表4-8-9

表4-8-9　　国外蔗渣浆应用实例

纸种	纤维配比（%）			造纸机			国别和厂名	
	蔗渣浆	硫酸盐木浆	磨木浆	型式	纸宽(m)	车速(m/min)	国别	厂名
印刷、书写纸	90	10		长网纸机	3.8	550	墨西哥	Kimberly Clark
	90	10		长网纸机	3.68	450	哥伦比亚	Propal
	82	18		长网纸机		400	秘鲁	Paramonga
	90	10		长网纸机	3.8	335	阿根廷	Ledesma
涂布原纸	70	30		长网纸机	3.8	550	墨西哥	Kimberly Clark
	90	10		长网纸机	3.68	450	哥伦比亚	Propal
	75	25		长网纸机	3.25	设计 500	南非	Stanger
卫生纸	70	30		长网、单缸	3.26	1000～1250	墨西哥	San Cristobal
	65	35		长网、单缸	4.35	700～1250	墨西哥	Kimberly Clark
伸性纸袋纸	70	30		长网纸机（带微绉伸性装置）	2.8		秘鲁	Paramonga
课本用纸	70	8.5	TMP 21.5	Bel Baie-Ⅱ夹网纸机	6.8	500～600	墨西哥	Mexpapel
52克/米²新闻纸	59	22	19	Sym-former夹网纸机	7.5	600	秘鲁	Trupal

表4-8-9　　国外蔗渣浆应用实例

纸种	纤维配比（%）			造纸机			国别和厂名	
	蔗渣浆	硫酸盐木浆	磨木浆	型式	纸宽(m)	车速(m/min)	国别	厂名
印刷、书写纸	90	10		长网纸机	3.8	550	墨西哥	Kimberly Clark
	90	10		长网纸机	3.68	450	哥伦比亚	Propal
	82	18		长网纸机		400	秘鲁	Paramonga
	90	10		长网纸机	3.8	335	阿根廷	Ledesma
涂布原纸	70	30		长网纸机	3.8	550	墨西哥	Kimberly Clark
	90	10		长网纸机	3.68	450	哥伦比亚	Propal
	75	25		长网纸机	3.25	设计 500	南非	Stanger
卫生纸	70	30		长网、单缸	3.26	1000～1250	墨西哥	San Cristobal
	65	35		长网、单缸	4.35	700～1250	墨西哥	Kimberly Clark
伸性纸袋纸	70	30		长网纸机（带微绉伸性装置）	2.8		秘鲁	Paramonga
课本用纸	70	8.5	TMP 21.5	Bel Baie-Ⅱ夹网纸机	6.8	500～600	墨西哥	Mexpapel
52克/米²新闻纸	59	22	19	Sym-former夹网纸机	7.5	600	秘鲁	Trupal

（3）国外几种蔗渣纸的物理强度见表4-8-10

表4-8-10　　拉丁美洲几种蔗渣纸的物理性能

		优质书写纸		打字纸		新闻纸①
配比(%)	蔗渣浆	88	100	70		85
	硫酸盐木浆	12	—	30		5
	机械木浆	—	—	—		10
	填料	12	8	—		9②
物理性能	定量（g/m²）	60.1	60.0	30.1		51.9
	抗张指数（Nm/g）					
	纵向	55.6	55.0	53.9		41.2
	横向	29.5	31.4	30.6		26.5
	撕裂指数（mN·m²/g）					
	纵向	6.5	6.1	5.9		5.4
	横向	7.1	6.8	6.7		6.4
	耐破指数（kPa·m²/g）	1.9	2.8	2.6		2.0
	白度（ISO）（%）	83	82	82		58
	不透明度（ISO）（%）	78	78	58		88.2
	Denison蜡摩起毛试验号	16/18	14/16	—		12/13

① 在生产型夹网纸机上试抄，压榨部为三压区复合压榨，车速500m/min。

② 填料采用芬兰超细滑石粉。

五、影响蒸煮的因素

（一）蔗渣原料质量对蒸煮的影响

由于原料贮存保管的好坏而造成蔗渣质量的差异，对制浆条件、原材料消耗及产品质量均有直接的影响（见表4-8-11和表4-8-12）。严重霉变、降解或炭化的蔗渣，将完全失去制浆的价值。

表4-8-11　　不同质量的蔗渣的化学成分比较

甘蔗渣质量	酸度		粗纤维中			热水抽出物（%）	1%NaOH抽出物（%）	苯醇抽出物（%）	外观
	pH	耗NaOH（g/100g）	α-纤维素（%）	β-纤维素（%）	γ-纤维素（%）				
正常	7.0	0.07	82.89	7.00	9.96	0.41	32.11	2.16	黄白色
差	3.5	1.10	67.87	23.49	8.64	11.93	52.41	9.11	红褐色
差	3.5	2.70	62.65	30.00	7.45	12.17	56.02	9.83	红褐色
极差	2.0	5.84	48.84	40.72	10.34	16.90	58.64		深褐色，手搓即成粉末

表4-8-12　　不同质量的蔗渣对蒸煮及成纸质量的影响

蔗渣质量	蔗渣的特征			蒸煮用碱（%）		粗浆得率（%）	成纸裂断长（m）
	外观	1%NaOH抽出物（%）	热水抽出物（%）	NaOH	Na_2S		
正常	黄白色	35.2	1.8	15	3	51	3,030
较差	微红色	37.5	6.3	17.2	2.8	46.5	2,400
很差	红褐色	54.2	20.0	21.3	2.7	44	2,080

（二）蔗渣除髓对制浆及浆料基本特性的影响

由于髓部与纤维物理性状的不同，除髓与未除髓蔗渣的制浆条件及浆料的物理性能有着相当大的差异（见表4-8-13～表4-8-16）。蔗髓的存在，还使浆料的滤水性能降低（表4-8-17）。

不同除髓率的蔗渣在不同用碱量时小型蒸煮和漂白试验的结果

表4-8-13

		全蔗渣	一次干法除髓	两次干法除髓	一次干法一次湿法除髓	一次干法一次黑液预煮
除髓率（%）		0	34	44	47	49
蒸煮	用碱量（NaOH）（%）	17.8	17.0	16.3	15.5	12.5
	黑液残碱（g/l）	3.26	2.40	2.52	2.02	1.92
	$KMnO_4$值	7.27	7.76	7.38	6.45	6.85
	粗浆得率（%）	46.75	54.21	55.70	57.65	59.23
漂白	有效氯用量（%）	4.73	4.32	3.95	3.26	3.31
	漂白得率（%）	89.24	95.86	95.60	96.64	—
	漂白浆白度（%）	82.2	82.7	84.5	83.8	83.3
	老化后白度（%）	79.4	—	81.4	81.9	82.4

蒸煮条件：硫化度20%，液比1:7，升温时间1小时25分，最高温度165℃，蒸煮时间2 h。

黑液预煮：在水力碎浆机内用12.4倍重的黑液，加热保持沸腾1小时20分。

湿法除髓和黑液预煮的除髓率包括溶解损失。

表4-8-14　不同除髓率的蔗渣在相同条件下的小型蒸煮试验结果

	全蔗渣	一次干法除髓	二次干法除髓	一次干法一次湿法除髓	一次干法一次黑液预煮
除髓率（%）	0	34	44	47	49
黑液残碱（g/l）	2.04	2.93	2.64	3.60	5.50
$KMnO_4$值	8.32	7.07	6.93	6.01	5.48
蒸煮得率（%）	46.38	53.77	55.55	57.61	57.64

蒸煮条件：总碱17%，硫化度20%，液比1:7，升温时间1小时25分。最高温度166～168℃，保温2 h。

黑液预煮条件与表3-5-13同。

除髓蔗渣与全蔗渣碱法制浆的对比

表4-8-15　（夏威夷，小型试验）

		烧碱法		硫酸盐法	
		全蔗渣	除髓蔗渣	全蔗渣	除髓蔗渣
粗浆得率（%）		56.4	59.5	56.1	60.4
细浆得率（%）		50.2	57.3	52.0	58.9
$KMnO_4$值		14.4	11.6	10.1	6.9
未漂浆物理性能	白度GE(%)	30.7	42.4	32.2	45.0
	裂断长（m）	8500	8800	8500	9600
	破裂因子	40	53	45	55
	撕裂因子	53	78	58	74

蒸煮条件：用碱量（NaOH）15.5%，最高温度171℃，保温10min。

表4-8-16　　除髓对浆料滤水性能的影响

	全　蔗　渣	干法除髓	湿法除髓	蔗　髓
浆料原始打浆度 (°SR)	29	22	20	67

(三)　用 碱 量

图4-8-3和图4-8-4分别表示硫酸盐法及烧碱法蒸煮蔗渣不同用碱量与纸浆得率及物理性能的关系。

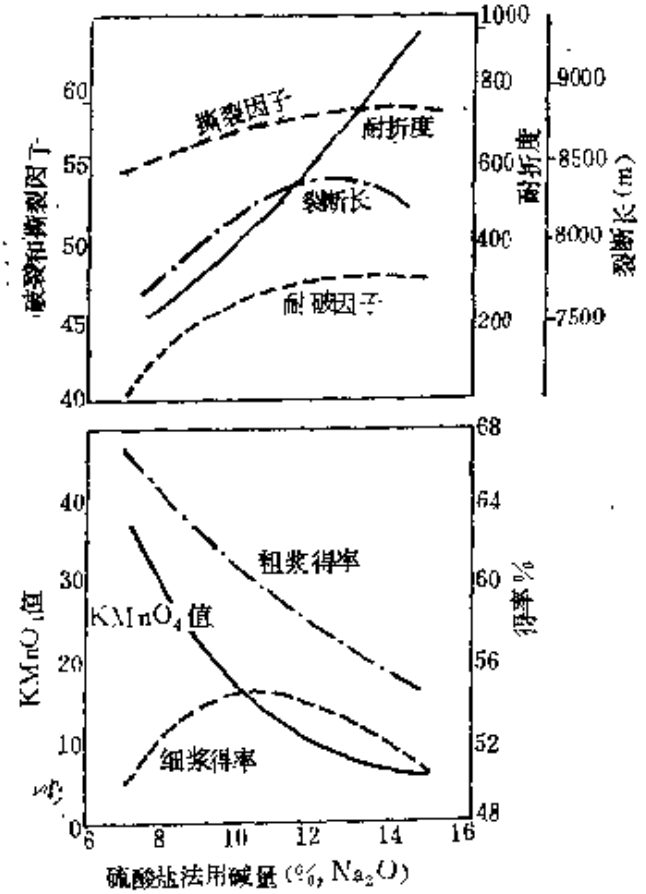


图 4-8-3　蔗渣硫酸盐法蒸煮不同用碱量对浆料质量的影响
最高温度171℃，蒸煮1h

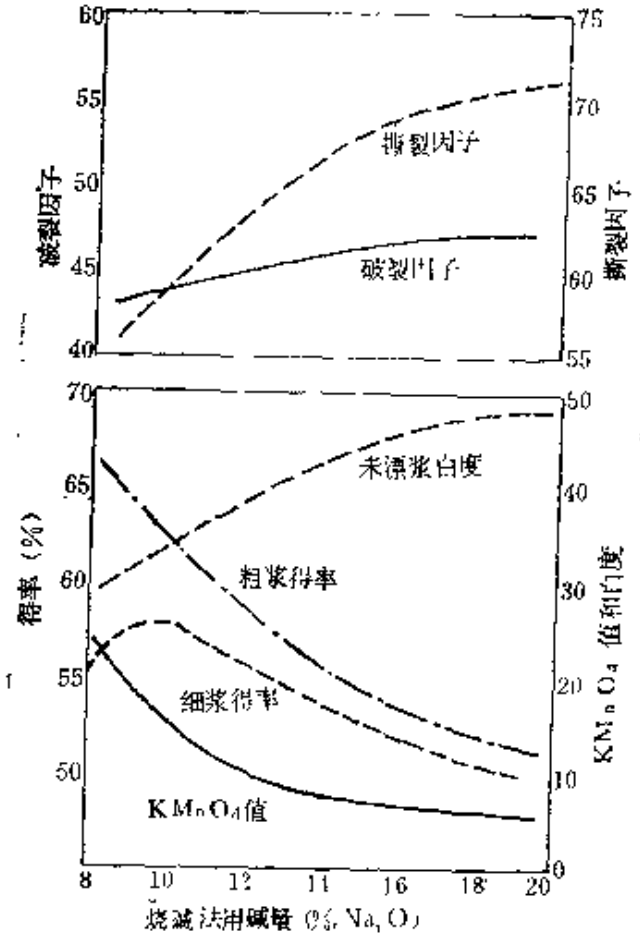


图 4-8-4　蔗渣烧碱法蒸煮不同用碱量对浆料质量的影响

最高温度171℃，蒸煮0.5h

（四）液　　比

当蔗渣蒸煮用碱量(Na_2O)12%时，液比在1:3至1:6的范围内变动对浆料的得率和物理性能影响不大，见表4-8-17和图4-8-5。蔗渣吸收性强，为使药液与原料混合均匀，应使用稍大的液比。

表4-8-17　蔗渣烧碱法蒸煮不同液比对浆料质量的影响

液比		1:3	1:4	1:8
蒸煮结果①	粗浆硬度(高锰酸钾值)	11	10.6	10.2
	粗浆得率（%）	57.3	58.8	58.7
	细浆得率（%）	53	55.9	56.6
物理强度	裂断长（m）	8750	9800	9050
	耐破因子	47	45	47
	撕裂因子	65	64	65

① 蒸煮条件，用碱量（Na_2O）12%，最高温度171℃，保温30min。

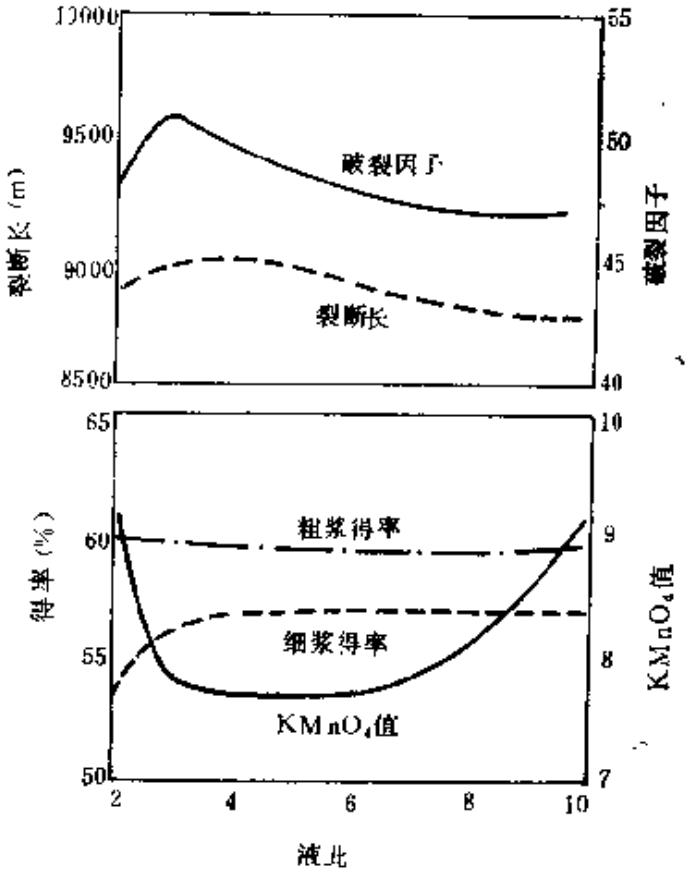


图 4-8-5　蔗渣硫酸盐蒸煮不同液比对浆料质量的影响

蒸煮条件，用碱量（Na_2O）12%，最高温度171℃，保温10min。

（五）蒸煮最高温度和时间

1. 蒸煮脱木素反应历程

近年我国对草类原料碱法蒸煮脱木素反应历程的研究指出：蔗渣等草类原料碱法蒸煮的反应历程可分为五个阶段。其中升温分三个阶段，保温过程分两个阶段。各阶段温度与木素脱除率及碱消耗的关系见表4-8-18和图4-8-6。

表4-8-18 蔗渣等草类原料碱法蒸煮脱木素反应历程

阶段		阶段名称	温度范围（℃）	木素脱除率（%）	碱消耗（%）（对总用碱量）
升温	第一	中和阶段	25	约15	30～45
	第二	木素溶解	25→100	40～60	3～4
	第三	快速脱木素	100→145～175	15～32	15～27
保温	第四	低速脱木素	145～175	2～5	8～13
	第五	残余脱木素	145～175	很少	——

蒸煮条件：蔗渣用碱量（NaOH）17%和25%，硫化度11.6%，液比1:7.8。

蔗渣等草类原料与木材不同，在碱法蒸煮中，木素在100℃以前已脱去60%，整个升温阶段就能脱除90%左右。残余木素很难脱除，其残余量一般为2～9%（随蒸煮条件不同而异）。蒸煮温度越高，残余量越少；烧碱法浆的残余木素多于硫酸盐浆。

由此可见，蔗渣等草类原料碱法蒸煮，若能在升温时间保证原料与碱液混合均匀，保温时间可以缩至很短，甚至可以取消。

2. 蒸煮温度对成浆质量的影响

蔗渣碱法蒸煮，高温快煮比低温慢煮能获得强度较好的纸浆，见表4-8-19。

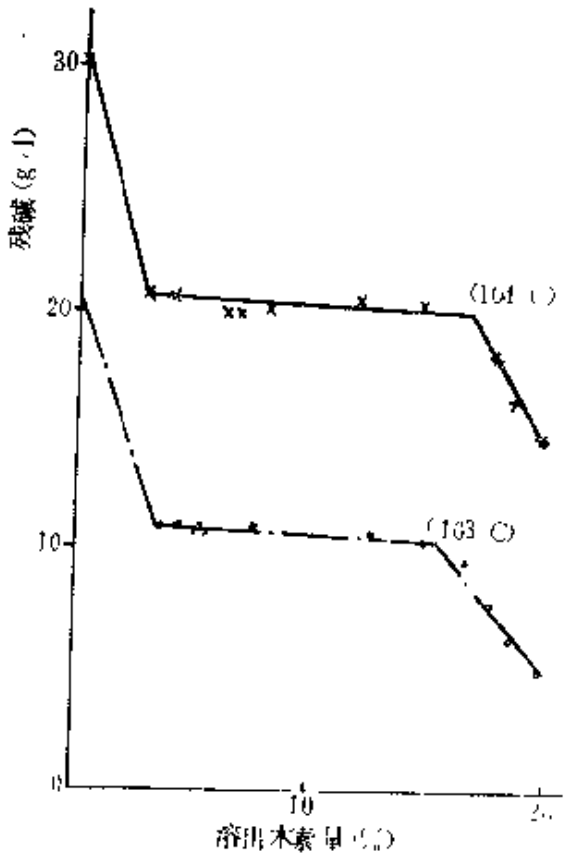


图 4-8-6　蔗渣蒸煮升温过程的脱木素情况
×—用碱量25%NaOH　●—用碱量17%NaOH

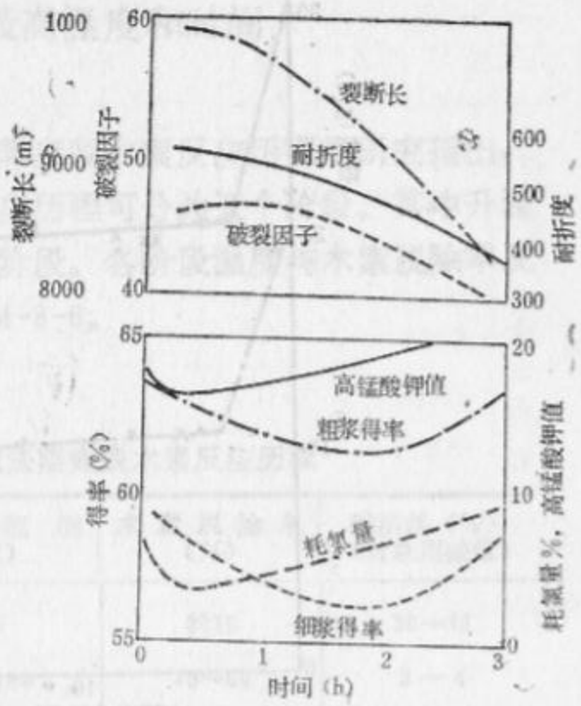
表4-8-19　　硫酸盐法蒸煮温度对浆料质量的影响

蒸煮及结果	最高温度（℃）	95	160	170	186
	保温时间（min）	240	120	'	16
	硬度（高锰酸钾值）	11.6	11..	1..	15.1
	粗浆得率（%）	62.3	61.9	62.2	63.1
	细浆得率（%）	57.9	56.3	55.9	55.5
物理强度	裂断长（m）	8970	9020	9540	9750
	耐折度（次）	320	410	530	500
	耐破因子	11	1	'	46
	撕裂因子	51	61	5	54

① 蒸煮用碱量（Na_2O）10.9%。

3. 蒸煮时间对成浆质量的影响

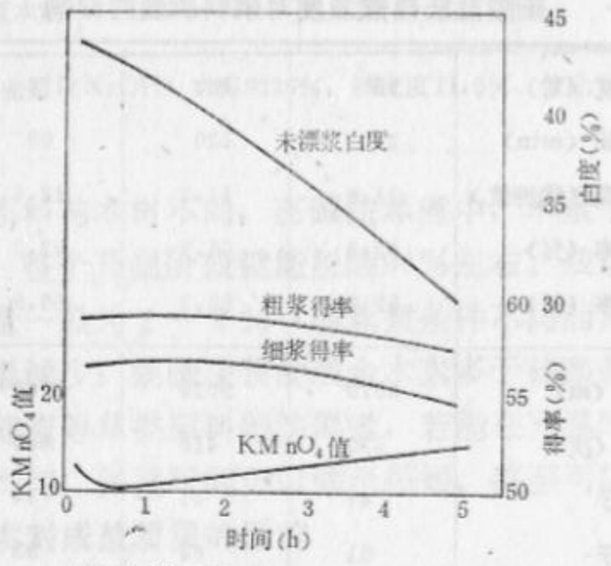
当蔗渣原料在有足够碱量的蒸煮液充分混合时，可以在高温（170℃）下很短的时间内成浆。图4-8-7和图4-8-8表明：在170℃保温 5～30min，粗浆和细浆得率均较高，硬度较低，物理强度也较好。延长蒸煮时间，得率和物理强度下降，硬度反而上升。因此，蔗渣制浆很适宜采用快速连续蒸煮工艺。



用碱量 (Na_2O)11%，最高温度170℃

图 4-8-7 硫酸盐法蔗渣浆不同蒸煮时间对得率和物理性能的关系

用碱量（Na_2O）11%，最高温度170℃



用碱量 (Na_2O)12%，最高温度171℃

图 4-8-8 烧碱法蔗渣浆不同蒸煮时间对硬度、得率和白度的关系

用碱量（Na_2O）12%，最高温度171°C

六、蒸煮实例

甘蔗渣具有快速成浆的特点，制浆方法趋向于采用连续蒸煮。近十多年来，国外新建或扩建规模较大的蔗渣浆纸厂基本上都是采用横管式连续蒸煮器。间歇蒸煮仅在小型厂中使用。

（一）碱法蔗渣浆间歇蒸煮

见表4-8-20。

表4-8-20 碱法漂白甘蔗渣浆间歇蒸煮工艺技术条件

		（Ⅰ）软 浆	（Ⅱ）硬 浆
原料质量	贮存时间	两个月以上	三个月以上
	水分（%）	25以下	25以下
	除髓情况	含髓率 7%以下①	除髓率 36%
蒸煮条件及结果	蒸球容积（m^3）	25	25
	装球量（kg/m^3）	120	112～120
	用碱量（NaOH）（%）	15.5～16.5	12.0
	硫化度（%）	约20	0
	液 比	1:3.2～3.5	1:5.5～6.0
	蒸煮最高压力	5.0kg/cm^2	5.0kg/cm^2
	蒸煮时间（时:分）	—	3:10
	其中：装料(min)	—	80
	空转(min)	—	10
	升温(min)	90	40
	保温(min)	40	30
	喷放(min)	—	30
	黑液残碱（g/l）	4～6	1.0～2.0
	粗浆硬度（高锰酸钾值）	8.5～10.5	10～12
	粗浆得率（%）	约50	54～57
	粗浆外观	分散良好，无粗红条	颜色浅，粗条手捻即散

①指原料烘干后，通过40目筛的量

六、蒸煮实例

甘蔗渣具有快速成浆的特点，制浆方法趋向于采用**连续蒸煮**。近十多年来，国外新建或扩建规模较大的蔗渣浆纸厂基本上都是采用横管式连续蒸煮器。间歇蒸煮仅在小型厂中使用。

（一）碱法蔗渣浆间歇蒸煮

见表4-8-20。

表4-8-20　碱法漂白甘蔗渣浆间歇蒸煮工艺技术条件

		（Ⅰ）软　浆	（Ⅱ）硬　浆
原料质量	贮存时间	两个月以上	三个月以上
	水分（%）	25以下	25以下
	除髓情况	含髓率　7%以下①	除髓率　86%
蒸煮条件及结果	蒸球容积（m^3）	25	25
	装球量（kg/m^3）	120	112～120
	用碱量（NaOH）（%）	15.5～16.5	12.0
	硫化度（%）	约20	0
	液　比	1:3.2～3.5	1:5.5～6.0
	蒸煮最高压力	5.0kg/cm^2	5.0kg/cm^2
	蒸煮时间（时:分）	—	3:10
	其中：装料(min)	—	80
	空转(min)	—	10
	升温(min)	90	40
	保温(min)	40	30
	喷放(min)	—	30
	黑液残碱（g/l）	4～6	1.0～2.0
	粗浆硬度（高锰酸钾值）	8.5～10.5	10～12
	粗浆得率（%）	约50	54～57
	粗浆外观	分散良好，无粗红条	颜色浅，粗条手捻即散

①指原料烘干后，通过40目筛的量

（二）碱氯法制浆

碱氯法制浆过程包括碱预处理（碱预浸渍和连续蒸煮）、高浓度气相氯化、碱后处理和次氯酸盐漂白等四个连续的生产工序。除了适用于甘蔗渣外，还可用于稻麦草、芦苇等非木材纤维原料。

本制浆法国外的商业名称分为塞尔迪科-波米里奥法（Celdecor-Pomilio Process)和卡米尔-波米里奥法（Kamyr-Pomilio Process)两种。其区别在于连续蒸煮设备，前者是常压的，后者是压力的。

本法由于存在化学药品消耗高和废液回收、处理困难等缺点，国际上现已很少采用。

1. 生产流程(图4-8-9)

2. 工艺技术条件

（1）对甘蔗渣原料的要求：

除髓率	25～30%
水分	低于40%
外观	黄白色、无霉变、发酸现象

（2）碱液浸渍：

碱液浓度	24～28g/l NaOH
浸渍液比	1:4.5～5.5
计算用碱	10～12%（以100%NaOH对绝干原料计算）
碱液预热温度	95～99℃
浸渍温度	93～98℃
浸渍时间	约10s

（3）常压连续蒸煮：

最高温度	127℃
蒸煮时间	4～5 h

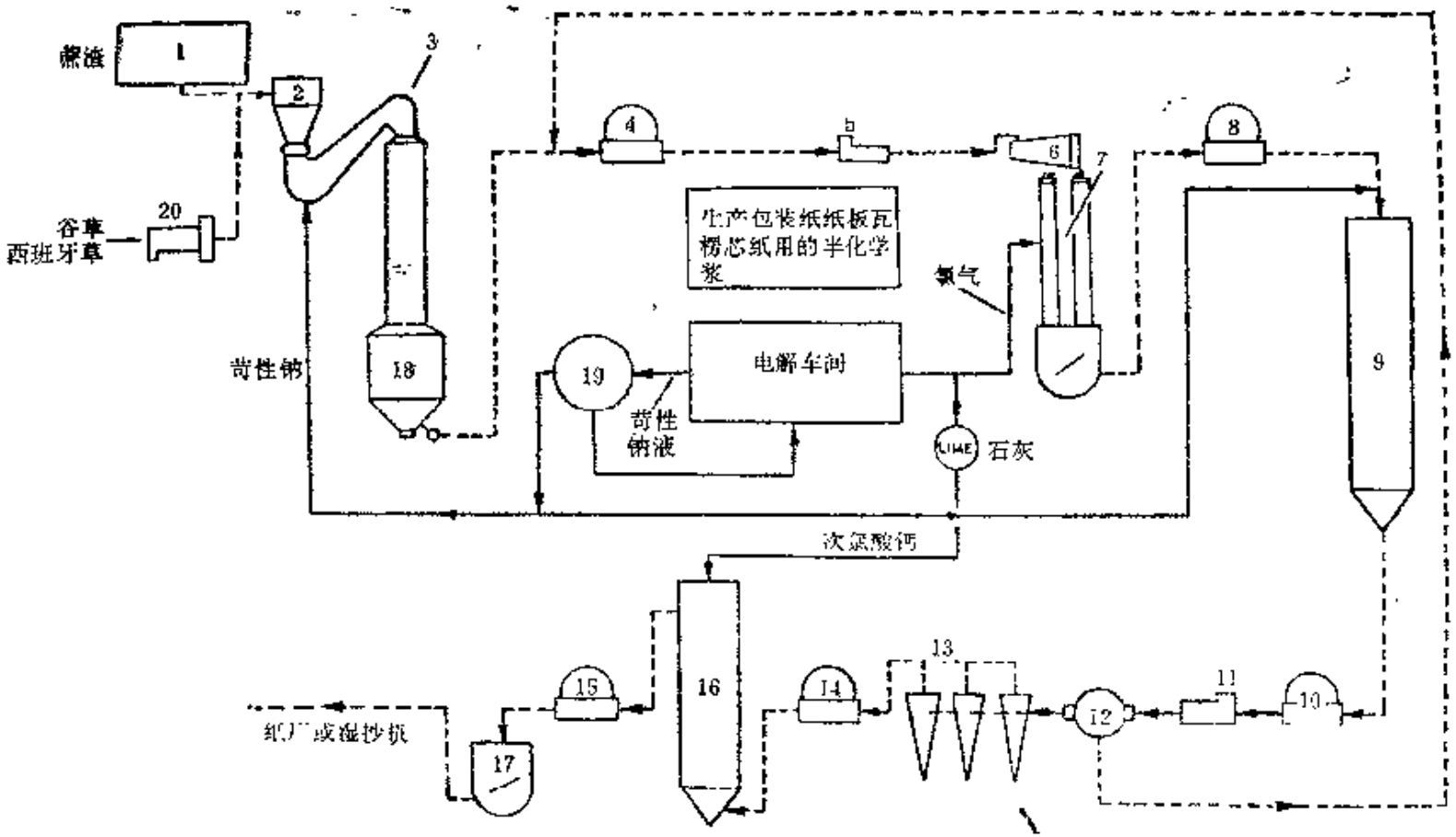


图 4-8-9　碱氯法蔗渣浆生产流程图

1-蔗渣除髓　2-除尘器　3-给料和混合器　4-半料浆洗涤机　5-螺旋压榨机　6-松散机　7-氯化塔　8-氯液洗涤机　9-碱处理塔　10-碱液洗涤机　11-粗筛　12-细筛　13-除渣器　14-浓缩机　15-成浆洗浆机　16-全漂白塔　17-贮浆池　18-连续蒸煮器　19-盐回收　20-切草机

半浆硬度　　12—16($KMnO_4$值)

（4）气相氯化：

半浆浓度　　25～30%

通氯量　　6～8%(对氯化前半浆计算)

通氯压力　　(294～686kPa即30～70mmH_2O)

氯化温度　　常温(一般40～45℃，不宜超过50℃)

氯化时间　　0:45～1:00h

（5）碱后处理：

浆料浓度　　5%

用碱量　　3～4%

pH值　　开始10～11

终点7.5～8.0

碱处理温度　　常温

碱处理时间　　1:00h

碱处理后浆料硬度　　2～5($KMnO_4$值)

（6）次氯酸盐漂白：

浆料浓度　　*1.2漂白塔　4～5%

*3漂白塔　2.0～2.5%

pH值　　开始　9～10

终点　7.0～7.5

漂白温度　　常温

漂白时间　　6～8 h

3. 碱氯法蔗渣浆的特性及用途

（1）浆料特性

质量要求：

白度（蓝光法）　　78～80%

打浆度(原浆)　　27°SR以下

残氯	0.01g/l以下
尘埃度，每500g浆	不多于500个
其中：黑色尘埃	不多于300个
大于3.0mm	不许有
纤维长度：	平均0.73～0.78mm
物理性能：	（浆料打浆度40°SR，浆张定量100g/m²）
裂断长	5650m
撕裂度	568mN(58g)
耐破度	382kPa(3.9kg/cm²)
耐折度	138次

浆料化学成分：

α-纤维素	68.5～71.5%
聚戊糖	28.5～29.7%
木素	0.12～0.68%
灰分	0.30～0.69%

（2）浆料用途

采用下列配比在长网纸机生产双面胶版印刷纸，车速120～150m/min。

	配比Ⅰ	配比Ⅱ
碱氯法蔗渣浆（%）	60	40
漂白亚硫酸盐木浆(%)	40	40
漂白碱法芒杆浆(%)	0	20

（三）预水解碱法蒸煮制溶解浆

预水解条件：

水解锅型式	立式连续水解塔
预水解方法	水预水解
液比	1:5

最高温度　　160～170℃

最高压力　　686～735kPa　(7.0～7.5kg/cm²)

水解时间　　1.5h

水解半料质量：

聚戊糖含量　　6～7%

pH　　3～4

碱法蒸煮条件

蒸煮器型式　　立式连续蒸煮塔

用碱量(NaOH)　　18～21%

液比　　1:4

最高温度　　145～150℃

碱煮后粗浆质量：

硬度(高锰酸钾值)　　9～10

聚戊糖含量　　3.5～4.5%

(四) 技术经济指标

见表4-8-21。

表4-8-21　　碱法蔗渣浆生产主要技术经济指标

		广东蔗渣	四川蔗渣	江西蔗渣	广东蔗渣
浆料种类		漂白浆	漂白浆	漂白浆	本色硬浆
蒸煮锅	型式		蒸球	蒸球	蒸球
	容积(m^3)	25	25	—	25
装锅量(绝干kg/m^3)		126	120	134	108
平均蒸煮时间(时:分)		5:30	4:30	5:00	4:00

最高温度　160～170℃

最高压力　686～735kPa（7.0～7.5kg/cm²）

水解时间　1.5h

水解半料质量：

聚戊糖含量　6～7%

pH　3～4

碱法蒸煮条件

蒸煮器型式　立式连续蒸煮塔

用碱量(NaOH)　18～21%

液比　1:4

最高温度　145～150℃

碱煮后粗浆质量：

硬度(高锰酸钾值)　9～10

聚戊糖含量　3.5～4.5%

（四）技术经济指标

见表4-8-21。

表4-8-21　碱法蔗渣浆生产主要技术经济指标

浆料种类		广东蔗渣 漂白浆	四川蔗渣 漂白浆	江西蔗渣 漂白浆	广东蔗渣 本色硬浆
蒸煮锅	型式	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球
	容积（m³）	25	25	—	25
装锅量（绝干kg/m³）		126	120	134	108
平均蒸煮时间（时:分）		5:30	4:30	5:00	4:00

续表

		广东蔗渣	四川蔗渣	西蔗渣	广东蔗渣
纸浆得率（%）	粗浆	51	52	54	60.1
	细浆	88	84.5	90	89.8
漂白损失率（%）		4	4.4	5.8	—
成浆率（%）		43.1	42	45.8	54
每吨纸浆消耗	纤维原料（kg）	2318	2380	2183	1853
	烧碱（kg）	258	303	267	176
	硫化碱（kg）	56	54	40	—
	氯（kg）	67	—	39	—
	标准煤（kg）	502	—	770	404
	电（kW·h）	520	—	149	407
浆料用途		凸版、书写纸	凸版、书写纸		瓦楞芯纸

（五）国外蔗渣制浆

表4-8-22　国外蔗渣制浆实例

		软浆			Cusi 法浆①
厂名、国名		Kimberly Clark 墨西哥	Propal 哥伦比亚	Ledesma 阿根廷	San Cristobal 墨西哥
备料	半干法除髓	在糖厂内进行，用立式除髓机			在糖厂不除髓，仅筛去细碎部分
	贮存方式	湿法散堆	使用新鲜蔗渣，不贮存	生物湿法（Ritter法）	干法打包
	湿法除髓	用脱水筛，在纸厂内进行	用立式除髓机，在纸厂内进行		用水力碎浆机和平振筛，在纸厂内进行
蒸煮设备		双横管连续蒸煮器			
蒸煮条件及结果	用碱量（NaOH）（%）	13～14	15	16	
	压力（kPa）	784（8.0kg/cm²）	755（7.7kg/cm²）	784（8.0kg/cm²）	735（7.5kg/cm²）
	温度（℃）	165	160	170	160
	时间（分）	14～15	17	11.5	15
	粗浆硬度（高锰酸钾值）	11	12	11	18（卡伯值）
	粗浆得率（%）	56	54～56	—	63

（五）国外蔗渣制浆

表4-8-22

国外蔗渣制浆实例

		软浆			Cusi 法浆①
厂名、国名		Kimberly Clark 墨西哥	Propal 哥伦比亚	Ledesma 阿根廷	San Cristobal 墨西哥
备料	半干法除髓	在糖厂内进行，用立式除髓机			在糖厂不除髓，仅筛去细碎部分
	贮存方式	湿法散堆	使用新鲜蔗渣，不贮存	生物湿法（Ritter法）	干法打包
	湿法除髓	用脱水筛，在纸厂内进行	用立式除髓机，在纸厂内进行		用水力碎浆机和平振筛，在纸厂内进行
蒸煮设备		双横管连续蒸煮器			
蒸煮条件及结果	用碱量（NaOH）（%）	13～14	15	16	
	压力（kPa）	784（8.0kg/cm²）	755（7.7kg/cm²）	784（8.0kg/cm²）	735（7.5kg/cm²）
	温度（℃）	165	160	170	160
	时间（分）	14～15	17	11.5	15
	粗浆硬度（高锰酸钾值）	11	12	11	18（卡伯值）
	粗浆得率（%）	56	54～56	—	63

续表

		软浆			Cusi 法浆①
		CEH			
漂白条件及结果	漂白段数				
	C段用氯量（%）	4～5	3～4	—	6.5
	E段用碱量（%）	1.8～2.0	2.5～3.0	—	2.0
	H段用氯量（%）	3～4	3～4	—	1.5
	白度	84°（Elrepho）	80°（Elrepho）	—	84°（GE）
	漂白损失（%）	6	—	—	7
	漂后浆游离度（ml）	500	460	—	400

① Cusi法在蒸煮前蔗渣先经碱液预浸渍，条件为：进碱液混合器的蔗渣干度15～16%，浸渍器内蔗渣浓度3%，浸渍液含碱（NaOH）9～10g/l，温度40℃，时间45min，碱耗12%，浸渍完毕，挤至15～20%干度，然后进入连续蒸煮器。在蒸煮段不另加碱。

第九节　竹材制浆

一、概　　述

竹类品种复杂，世界上共有竹材47属1250余种，仅我国就有23属180余种。

目前我国用于造纸最主要的有：楠竹、白夹竹和慈竹等。

竹类植物生长迅速，成林快，产量高。一般种植4～6年即可成林。竹材亩产一般为600～900kg，生长特别好的竹林，可达1500～2000kg。

竹材造纸在我国有悠久的历史，南方的一些纸厂用竹浆来生产凸版纸、书写纸、打字纸等二十多个纸种，有的科研单位还进行了竹材溶解浆的研究。在1950～1952年和第一个五年计划期间，我国造纸原料的结构中，竹材的比重占30%左右，四川省则为36%，但是，50年代末期竹材基地遭受了严重的破坏，致使竹材纤维的用量逐年下降，70年代竹材原料的比重还不到10%。近几年，竹材用于制浆造纸，又有了新的发展。据近年来南方十省的不完全统计，有74个纸厂使用竹材纤维（单独或搭配木浆、草浆）生产印刷纸，书写纸和包装用纸等23个品种。

竹材制浆造纸有以下四个优点：

（1）竹材的纤维形态和化学组成，介于木材与草类原料之间，制浆性能随竹子种类不同而异。

（2）竹材的相对密度一般为0.6～0.8（个别老竹在0.9以上），而阔叶木为0.43～0.67，针叶木一般只有0.4左右。由于竹材相对密度大，因此装锅量也大于木材和草类原料。

（3）竹材制浆最适宜用碱法，特别是硫酸盐法。酸性亚硫酸盐法制得的浆强度较低。

（4）在同样的游离度（250ml）下，硫酸盐竹浆的不透明度比硫酸盐针叶木浆高2～3度，松厚度也较好。

与木材相比，竹材制浆主要有以下缺点：

（1）药液渗透困难。由于竹材结构紧密，蒸煮液横向渗透比较困难，由于竹子导管内部留存的空气极不容易排除，亦有碍药液的纵向浸透。

（2）竹浆漂率较高，单独用次氯酸盐漂白，特别是次氯酸盐单段漂白，漂白后较易返黄（采用多段漂白工艺可减轻回色现象）。

（3）竹材纤维的品质（如长度、壁腔比等）不如针叶木纤维，一些能用针叶木浆抄制的薄型工业技术用纸及强度特别好的高级薄型文化用纸，用竹材纤维尚不能达到要求。

二、主要竹种硫酸盐法浆的基本特征

我国在解放后，在对竹种和竹龄的基本特性研究（见表4-9-1和表4-9-2）基础上，对主要竹种（慈竹、白夹竹等）的硫酸盐法竹浆的基本特性进行了试验研究，结果见表4-9-3。

从表4-9-3可见，慈竹与其它两种竹比较，具有碱耗低、得率高和浆张撕裂度高等特点。

表4-9-1　　不同竹龄浆种的基本特性研究（硬浆）

竹种		纳溪慈竹								梁平白									
竹龄		初生叶		一年生		三年生		五年生		初生叶		一年生		三年生					
蒸煮	用碱量（%）	14.5	11.5	16.5	15.5	15.5	16.5			7.0	16.8	16.8							
	残碱（g/l）	1.62	0.4	2.6	1.81	1.92	2.56			0.29	2.4	2.05							
	筛浆高锰酸钾值	29.1	35.77	24.2	31.15	30.4	29.36			32.7	29.1	28.9							
	筛浆得率（%）	57.1	52.78	51.23	50.86	52.78	50.90			58.15	35.27	43.64							
	筛　渣（%）	1.86	5.04	0.50	2.04	1.30	2.36			10.18	12.90	5.52							
煮	筛浆木素含量（%）	5.47	10.15	4.92	6.27	—	6.3			5.58	5.89	—							
	筛浆聚戊糖含量（%）	19.04	—	—	18.45	—	18.08			24.26	20.24	—							
打浆	疏解5 min打浆度（°SR）	16	15.5	15	15	13.5	13			19	14	15							
	两种不同打浆度（°SR）	30	45	20.5	46	31	46	31	46	30	45	31.5	45	30	45	30.5	46.5	31	46
	挂浆湿重（g）	28	23.2	32.2	22.1	34.2	23.9	31.1	26.4	30.3	25.3	28.8	24.6	14.9	12.8	13.3	10.7	15.6	12.6
	两种打浆度所需时间（min）	54	87	54	92	68	95	64	89	81	121	70	96	33	63	65	90	80	111
纸张物理性能	纸定量（g/m²）	100.9	100.9	101.9	101.9	101.9	101.5	101.9	100.3	98.7	99.1	101.2	101.2	101.3	99.0	100.9	101	100.7	99.3
	紧　度（g/cm³）	0.57	0.65	0.55	0.62	0.57	0.61	0.58	0.60	0.51	0.53	0.56	0.60	0.58	0.62	0.60	0.62	0.52	0.58
	裂断长（m）	6545	7107	6010	6130	5400	6350	5660	5986	5390	6090	5000	5350	7419	7777	5275	5775	4900	5540
	撕裂度（mN）	1294	1117	1430	1245	1548	1235	1372	1352	1333	1254	1833	1225	882	735	1058	931	1117	1019
	（g）	132	114	146	127	158	126	140	138	136	128	136	125	90	75	108	95	114	104
	耐破度（kPa）	571	614	531	510	490	559	491	572	480	500	459	392	595	508	413	485	431	485
	（kg/cm²）	5.83	6.27	5.42	5.20	5.0	5.7	5.01	5.84	4.9	5.1	4.68	4.0	6.07	5.18	4.21	4.95	4.4	4.95
	耐折度（次）	3039	4163	3041	3434	2254	3033	2379	2164	1832	1826	1269	1310	1808	1759	848	1076	795	585

蒸煮条件：硫化度为30%；液比1:4；一、三、五年生慈竹和白夹竹，在130℃时煮2:00；在153℃时煮3:00。嫩慈竹和嫩白夹竹在130℃时煮2:00，在153℃时煮2:00。

白　　夹　　竹

五　　年　　生					
18.0		16.0		15.0	
3.92		1.9		1.6	
24.65		31.77		35.83	
45.20		43.5		42.8	
2.20		5.6		8.9	
5.18		7.68		9.76	
—		19.01		—	
12		14		12	
31	46	31	45.5	31	45
15.5	13.85	13.0	12.4	16.3	13.6
90	100	97	140	98	133
99.9	101.5	101.9	101.9	101.2	98.7
0.57	0.65	0.59	0.65	0.53	0.53
5180	6250	5080	5240	4510	5160
1156	980	1068	951	1068	892
118	100	109	97	109	91
423	480	441	470	372	417
4.32	4.9	4.5	4.8	3.8	4.25
924	1050	1106	1439	686	647

表4-9-2　　不同竹龄浆种的基本特性研究（漂白浆）

竹种		纳溪慈竹								梁平白夹竹					
竹龄		初生叶		一年生		三年生		五年生		一年生		三年生		五年生	
蒸①	用碱量（%）	20		23		22		24		25		25		25.5	
	残碱（g/l）	7.92		11.4		9.2		12.68		11.6		11.6		11.92	
	粗浆得率（%）	51.12		45.98		48.16		46.17		39.98		41.08		38.82	
煮	粗浆高锰酸钾值	10.54		10.1		10.0		10.6		10.62		10.8		11.4	
漂②	总用氯量（%）	未	5.445	未	5.77	未	5.45	未	5.80	未	5.80	未	6.20	未	6.60
	实耗氯量（%）		5.2		5.45		5.32		5.67		5.79		6.19		6.59
	白度③（%）	漂	82.62	漂	83.17	漂	78.90	漂	81	漂	78.32	漂	81.30	漂	80.20
	老化后白度（%）	原	74.65	原	76.16	原	70.78	原	70.87	原	71.85	原	72.68	原	72.32
	漂浆粘度（Pa·s）		33.18×10^{-3}		17.65×10^{-3}		—		17.19×10^{-3}		18.73×10^{-3}		—		15.19×10^{-3}
白	漂浆铜价	浆	0.25	浆	0.55	浆	—	浆	0.77	浆	0.73	浆	—	浆	0.81
打浆	疏解5 min打浆度（°SR）	17.5	21	17	19.5	14	20	16	18	14.5	17.0	15	16	15.5	17.0
	二种不同打浆度（°SR）	35	36 61	36	36 60	36	36 62	36	35 60.5	36	36 61	37	36 60	36.5	36.5 61
	挂浆湿重（g）	24	25.8 21.9	29.6	27.5 17.0	26.9	29 21.8	28.4	29.2 19.2	16.3	18.7 13.2	16.2	17.2 10.4	15.8	15.2 9.9
浆	二种打浆所需时间（min）	59	59 82	67	60 102	80	76 120	62	60 103	92	58 92	114	84 130	106	80 143
纸张物理性能	成纸白度	—	81.17 79.47	—	79.8 74.15	—	79.4 77.2	—	78.13 77.87	—	78.17 77.8	—	77.77 70.55	—	78.57 75.83
	纸定量（g/m^2）	59.5	61.3 29.1	60.8	60.1 29	60.8	60.8 28.2	59.8	60.8 27.5	61.0	59.0 27.5	59.7	60.8 28.6	59.3	60.1 28.3
	紧度（g/m^3）	0.53	0.53 0.48	0.54	0.54 0.46	0.48	0.51 0.45	0.49	0.56 0.43	0.57	0.53 0.47	0.55	0.55 0.48	0.55	0.56 0.53
	裂断长（m）	6774	6217 7614	6074	5055 5954	6000	6050 5886	5262	5176 5254	6491	5452 5617	6280	6000 6433	6300	5820 6288
	撕裂度（mN）	730	617 196	735	480 147	688	549 159	818	544 206	647	593 172	598	524 294	642	500 147
	（g）	74.5	63.0 20.0	75	49 15	70.2	56 16	83.5	55.5 21	66	60.5 17.5	60	53.5 30	65.6	51 15
	耐破度（kPa）	346	350 182	292	260 138	291	304 160	245	212 124	328	268 143	315	302 158	299	286 143
	（kg/cm^2）	3.53	3.57 1.86	2.98	2.65 1.41	2.97	3.1 1.63	2.5	2.66 1.27	3.35	2.73 1.46	3.12	3.08 1.61	3.05	2.92 1.46
	耐折力（次）	1855	682 133	693	104 34	—	333 27	631	134 23	681	296 43	548	310 71	561	243 40

①蒸煮条件：一、三、五年生慈竹和白夹竹，硫化度25%，液比1:4,140℃时煮2:00，165℃时煮3:00。嫩慈竹140℃时煮3:00，165℃时煮2:00。仅变化用碱量以达到所规定的高锰酸钾值。

②漂白用单段次氯酸盐漂白。

③白度用德国留柯麦特式光电光度计蓝色滤光片测定。

表4-9-3　　不同竹种硫酸盐法制浆的比较

		慈竹		白夹竹		方竹	
		二段漂	三段漂	二段漂	三段漂	二段漂	三段漂
蒸煮	用碱量（以NaOH计）(%)	21.5	18.5	23.0	20.0	24.0	20.5
	筛后粗浆得率（%）	50.3	52.9	44.3	45.9	42.4	42.7
	筛后粗浆高锰酸钾值	10.5	17.4	11.0	16	11.9	15.4
	筛后粗浆聚戊糖（%）	18.74	18.88	20.91	21.25	22.56	22.99
漂白	氯化段耗氯量（%）	—	5.9	—	5.35	—	5.12
	一段次氯酸盐用氯（%）	3.65	—	4.07	—	4.42	—
	二段次氯酸盐用氯（%）	1.65	3.9	1.75	3.56	1.89	3.42
	总用氯量（%）	5.30	9.8	5.82	8.91	6.31	8.54
	漂白终了时pH值	10.5	9.3	10.0	9.9	9.7	8.9
	白　度（%）	80.95	84.17	81.86	86.22	82.58	85.23
	老化后白度（%）	73.55	76.58	73.28	75.8	73.15	79.07
	回色值	2.46	2.03	2.78	2.46	2.98	1.40
		(0.02269cp)	(0.01982cp)	(0.01976cp)	(0.01709cp)	(0.01691cp)	(0.01819cp)
	漂白浆粘度（Pa·s）	22.69	19.82	19.76	17.09	16.91	18.19

续表

			慈竹		白夹竹		方竹	
			二段漂	三段漂	二段漂	三段漂	二段漂	三段漂
不同打浆度时浆张强度	打浆度 40° SR 时	湿纸最初强度	54	80	78	80	48	54
		裂断长（m）	3820	4241	4520	4063	4050	4000
		撕裂度（mN）	803.6	631.1	807.6	509.6	480.2	450.8
			(82g)	(64.4g)	(62g)	(52g)	(49g)	(46g)
		耐破度（kPa）	219.5	255.8	226.4	221.5	194.0	205.8
			(2.24kg/cm²)	(2.61kg/cm²)	(2.31kg/cm²)	(2.26kg/cm²)	(1.98kg/cm²)	(2.10kg/cm²)
	打浆度 60° SR 时	湿纸最初强度	76	100	100	100	62	78
		裂断长（m）	4769	5194	5710	4944	5360	5480
		撕裂度（mN）	586	470.4	470.4	421.4	395.9	313.6
			(59.8g)	(48g)	(48g)	(43g)	(40.4g)	(32g)
		耐破度（kPa）	287	307	286	284	259	286
			(2.93kg/cm²)	(3.13kg/cm²)	(2.92kg/cm²)	(2.90kg/cm²)	(2.64kg/cm²)	(2.92kg/cm²)

续表

		慈竹		方竹		白夹竹		竹	
		二段漂	三段漂	二段漂	三段漂	二段漂	三段漂	二段漂	三段漂
不同打浆度时浆张强度	湿纸最初强度	102	144	86	96	130	130		
	裂断长（m）	5900	5939	5580	6140	5930	3550		
	撕裂度（mN）	490	376	329	290	338	319		
	打浆度时	(50g)	(38.4g)	(33.6g)	(29.6g)	(34.5g)	(32.5g)		
	80°SR 耐破度（kPa）	352	336	319	306	340	285		
	打浆度时	(3.59kg/cm²)	(3.59kg/cm²)	(3.26kg/cm²)	(3.12kg/cm²)	(3.47kg/cm²)	(2.91kg/cm²)		

慈竹，纳溪产；白夹竹，梁平产；方竹，南川产。均为二年生。

蒸煮条件：硫化度25%，液比1:4，140℃小保温2 h；最高温度165℃，保温时间3 h(二段漂)，2.5h(三段漂)。

漂白条件：二段漂HH，各段浆料浓度均为5%；H₁段温度30～32℃，时间1.5h；H₁段40～41℃，2.5h。

三段漂CEH，C段浆浓3%，温度25～28℃，时间1 h

E段浆浓 5%，75℃，1 h；H段浆浓5%，40～42℃，时间5 h

二段和三段漂白均加入0.9～1.1%NaOH，保持漂白终了时pH在9～10范围内

三、竹材的特征及蒸煮对竹材的要求

（一）不同竹种、竹龄、部位的化学组成及纤维量度

见表4-9-4、表4-9-5和表4-9-6。

表4-9-4　　不同竹种、竹龄的化学组成

竹种	年龄	水分（%）	灰分（%）	1%NaOH抽出物（%）	苯醇抽出物（%）	克贝纤维素（%）	α-纤维素（%）	木素（%）
慈竹	嫩竹	9.95	2.3	20.69	2.76	59.33	43.02	18.59
	一年生	10.12	3.72	19.88	3.68	55.05	43.61	23.98
	二年生	7.31	2.42	17.94	3.63	55.04	45.20	23.27
黄竹	嫩竹	8.55	2.23	22.47	2.48	56.70	45.78	19.98
	一年生	9.72	2.14	20.71	3.08	52.42	42.20	22.11
	二年生	8.02	2.42	19.63	3.97	57.12	42.78	22.71
西风竹	嫩竹	8.51	1.88	20.36	3.84	54.30	46.33	17.59
	一年生	8.40	1.84	19.12	5.71	53.34	43.35	21.06
	二年生	7.12	1.77	18.72	6.46	55.75	44.90	21.25

表4-9-5　　慈竹头、中、梢各部位的化学组成

	头部	中部	梢部
灰分（%）	4.64	4.00	3.88
苯醇抽出物（%）	4.82	4.55	3.78
1%NaOH抽出物（%）	23.23	23.00	21.97
克贝纤维素（%）	56.97	60.67	60.32
α-纤维素（%）	42.37	46.49	46.67
木素（%）	23.26	22.68	21.66

三、竹材的特征及蒸煮对竹材的要求

（一）不同竹种、竹龄、部位的化学组成及纤维量度

见表4-9-4、表4-9-5和表4-9-6。

表4-9-4　　不同竹种、竹龄的化学组成

竹种	年龄	水分（%）	灰分（%）	1%NaOH抽出物（%）	苯醇抽出物（%）	克贝纤维素（%）	α-纤维素（%）	木素（%）
慈竹	嫩竹	9.95	2.3	20.69	2.76	59.33	43.02	18.59
	一年生	10.12	3.72	19.88	3.68	55.05	43.61	23.98
	二年生	7.31	2.42	17.94	3.63	55.04	45.20	23.27
黄竹	嫩竹	8.55	2.23	22.47	2.48	56.70	45.78	19.98
	一年生	9.72	2.14	20.71	3.08	52.42	42.20	22.11
	二年生	8.02	2.42	19.63	3.97	57.12	42.78	22.71
西风竹	嫩竹	8.51	1.88	20.36	3.84	54.30	46.33	17.59
	一年生	8.40	1.84	19.12	5.71	53.34	43.35	21.06
	二年生	7.12	1.77	18.72	6.46	55.75	44.90	21.25

表4-9-5　　慈竹头、中、梢各部位的化学组成

	头部	中部	梢部
灰分（%）	4.64	4.00	3.88
苯醇抽出物（%）	4.82	4.55	3.78
1%NaOH抽出物（%）	23.23	23.00	21.97
克贝纤维素（%）	56.97	60.67	60.32
α-纤维素（%）	42.37	46.49	46.67
木素（%）	23.26	22.68	21.66

表4-9-6　　不同竹种纤维的长度和宽度

竹　　种	慈　竹	黄　竹	斑　竹	平　竹	水　竹	方　竹	冷　竹
纤维平均长度（mm）	1.73	1.64	1.66	1.25	1.35	1.01	1.49
纤维平均宽度（μm）	13	13	15	11	12	13	—

（二）蒸煮对竹材原料的质量要求

1．对原竹的质量要求

（1）按不同竹种分别打捆贮存。

（2）原竹自然水分50%，贮存一年后为15～20%，新伐原竹应贮存一年才使用。

（3）外观应洁净，不含泥砂、灰渣，不应有黑斑、霉烂、虫蛀等病虫害以及冷脆、烧焦等质量问题。

（4）原竹片长1.3m左右，宽不超过5 cm，厚度随自然厚度而定，并剔去枝丫、根头。

2．对蒸煮用竹片的要求

（1）竹片长度为20～30mm，不应超过40mm。

（2）合格率大于85%。

（3）竹片水分应小于20%。

四、硫酸盐竹浆的特点和用途

漂白竹浆普遍存在漂后容易老化而返黄，尤以单段次氯酸盐漂白者为甚。竹浆半纤维素含量较高（特别是嫩竹浆），成纸的湿变形与表面强度（掉粉、掉毛）等质量指标难于同时兼顾。因此，用100%竹浆生产高级漂白文化用纸者较少，多数是搭配使用。

目前用漂白竹浆生产的纸种有：胶版印刷纸、凸版印刷纸、

书写纸、打字纸、有光纸等。

本色竹浆，由于物理强度较低，抄制牛皮纸和纸袋纸时，要配用其它高强度的纸浆。

五、影响蒸煮的因素

影响硫酸盐蒸煮竹材的主要因素有：竹材的品种和老嫩，用碱量，硫化度，液比，温度，时间以及渗透条件等。

（一）竹材的品种和老嫩

（1）不同的竹种，要制得硬度相近的纸浆，其用碱量和得率相差较大。见表4-9-7。

表4-9-7　不同品种的竹材蒸煮用碱量和得率的比较

竹种	年龄	用碱量（Na_2O%）	粗浆硬度（高锰酸钾值）	粗浆得率（%）
慈竹	嫩竹	18.5	11.9	45.4
	一年生	20.0	12.1	42.9
	二年生	20.0	12.4	42.8
	三年生	20.0	12.2	43.8
黄竹	一年生	18.5	11.7	46.0
	二年生	20.0	12.2	43.2
	三年生	20.0	12.0	42.2
水竹	一年生	20.0	12.4	40.5
方竹	一年生	20.0	11.7	42.2
冷竹	一年生	23.0	10.9	36.5
	二年生	23.0	12.4	33.5
	三年生	23.0	12.5	34.8

蒸煮条件：硫化度25%，液比1:3；温度及时间：110℃30min，125℃2h，152℃3h。

（2）同一种类竹子，除嫩竹用碱量较低，得率较高外，一年生以上的相差较少，通常老嫩竹可以混合蒸煮，其试验数据见表4-9-8。

表4-9-8　　老嫩竹混合蒸煮

三年生老竹:嫩竹	有效碱量 (Na_2O%)	粗浆硬度 (高锰酸钾值)	粗浆得率 (%)
0:4	15.8	12.6	47.1
1:3	16.3	12.0	45.8
2:2	16.7	12.0	44.2
3:1	17.2	12.3	43.3
4:0	17.6	12.2	42.2

蒸煮条件：硫化度25%，液比1:3；温度及时间：110℃30min，125℃2h，152℃3h。

（二）用碱量

1. 本色竹浆

表4-9-9　　不同用碱量对纸浆质量的影响

活性碱量 (Na_2O%)		8	9	10	11	12	13	14	15
粗浆质量	得率（%）	74.7	71	70.4	68.1	66.9	62.3	61.6	61.5
	高锰酸钾值	36.0	35.2	35.3	34.3	32.6	31.5	25.6	20.8
	聚戊糖(%)	15.8	16.0	16.4	16.5	16.8	17	17.8	—
	木素（%）	11.1	10.8	—	8.9	7.2	6.2	5.0	—

续表

活性碱量 (Na_2O%)		8	9	10	11	12	13	14	15
35°SR时80g/m²浆张强度	耐破度(kPa)	278 (2.84kg/cm²)	293 (2.99kg/cm²)	— —	297 (3.03kg/cm²)	317 (3.23kg/cm²)	338 (3.45kg/cm²)	369 (3.77kg/cm²)	— —
	撕裂度(mN)	1166 (119g)	1166 (119g)	1029 (105g)	1068 (109g)	1166 (119g)	1176 (120g)	1147 (117g)	— —
	拉力(kg)	6.85	6.92	6.99	7.26	6.49	7.52	7.59	—
	裂断长(m)	5706	5764	5842	6048	—	6243	6321	—
	伸长率(%)	3.05	3.25	3.38	3.38	—	3.34	3.66	—
60°SR时100g/m²浆张强度	耐破度(kPa)	450.8 (4.6kg/cm²)	476.3 (4.86kg/cm²)	479.2 (4.89kg/cm²)	505.7 (5.16kg/cm²)	523.3 (5.34kg/cm²)	539.9 (5.51kg/cm²)	588 (6.0kg/cm²)	619.4 (6.32kg/cm²)
	撕裂度(mN)	1234.8 (126g)	1068.2 (109g)	1107.4 (113g)	1234.8 (126g)	1166.2 (119g)	1146.6 (117g)	1283.8 (131g)	1362.2 (139g)
	拉力(kg)	8.53	10.64	10.92	10.71	10.8	11.37	11.65	—
	裂断长(m)	5689	6712	6312	6723	—	7360	7380	8471
	伸长率(%)	2.72	4.17	4.44	3.83	4.23	4.4	4.28	—

原料：脱青慈竹，水分13%。

蒸煮条件：硫化度28%，液比1:2.4；蒸煮曲线，0～412kPa（0→4.2kg/cm²）1小时10分，在412kPa(4.2kg/cm²)，保温30min，617kPa(6.3kg/cm²)保温1小时20分。

续表

活性碱量(Na_2O%)		8	9	10	11	12	13	14	15
35°SR时80g/m²浆张强度	耐破度(kPa)	278 (2.84kg/cm²)	293 (2.99kg/cm²)	—	297 (3.03kg/cm²)	317 (3.23kg/cm²)	338 (3.45kg/cm²)	369 (3.77kg/cm²)	—
	撕裂度(mN)	1166 (119g)	1166 (119g)	1029 (105g)	1068 (109g)	1166 (119g)	1176 (120g)	1147 (117g)	—
	拉力(kg)	6.85	6.92	6.99	7.26	6.49	7.52	7.59	—
	裂断长(m)	5706	5764	5842	6048	—	6243	6321	—
	伸长率(%)	3.05	3.25	3.38	3.38	—	3.34	3.66	—
60°SR时100g/m²浆张强度	耐破度(kPa)	450.8 (4.6kg/cm²)	476.3 (4.86kg/cm²)	479.2 (4.89kg/cm²)	505.7 (5.16kg/cm²)	523.3 (5.34kg/cm²)	539.9 (5.51kg/cm²)	588 (6.0kg/cm²)	619.4 (6.32kg/cm²)
	撕裂度(mN)	1234.8 (126g)	1068.2 (109g)	1107.4 (113g)	1234.8 (126g)	1166.2 (119g)	1146.6 (117g)	1283.8 (131g)	1362.2 (139g)
	拉力(kg)	8.53	10.64	10.92	10.71	10.8	11.37	11.66	—
	裂断长(m)	5689	6712	6312	6723	—	7360	7380	8471
	伸长率(%)	2.72	4.17	4.44	3.83	4.23	4.4	4.28	—

原料：脱青慈竹，水分13%。

蒸煮条件：硫化度28%，液比1:2.4，蒸煮曲线，0～412kPa（0→4.2kg/cm²）1小时10分，在412kPa(4.2kg/cm²)，保温30min，617kPa(6.3kg/cm²)保温1小时20分。

2. 漂白竹浆

表4-9-10　有效碱用量对纸浆硬度和得率的关系

有效碱量（Na_2O%）			20.7	19.3	18.9	18.1	16.4
蒸煮条件及结果	低温	升温时间(时:分)	0:58	0:46	0:47	1:11	0:45
		温　度（℃）	140	140	140	140	140
		保温时间(时:分)	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00
	高温	升温时间(时:分)	1:01	0:47	0:41	1:00	0:35
		最高温度（℃）	166	166	166	166	166
		保温时间(时:分)	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00
	残　碱（g/l）		11.24	9.89	8.63	6.75	4.63
	得　率（%）		46.74	48.12	47.21	49.21	51.74
	硬度(高锰酸钾值)		9.74	10.00	10.87	11.15	13.56
漂白	耗氯量（%）		5.5	5.3	5.7	6.25	7.89
	白　度（%）		81	82	82	83	83
原浆强度	裂断长（m）		5805	6180	6071	6071	6000
	撕裂度（mN）		764.4 (78g)	862.4 (88g)	1156.4 (118g)	960.4 (98g)	1038.8 (106g)

原料：慈竹。

蒸煮条件：硫化度25%，液比1:4。

（三）硫　化　度

蒸煮竹浆，过去多数工厂采用高硫化度(例如30～33%)，现在普遍控制在20～30%之间，通常蒸煮漂白竹浆的硫化度为20～25%；蒸煮牛皮纸、纸袋纸用浆则高些，一般为28～30%。

2. 漂白竹浆

表4-9-10　有效碱用量对纸浆硬度和得率的关系

有效碱量（Na_2O%）			20.7	19.3	18.9	18.1	16.4
蒸煮条件及结果	低温	升温时间(时:分)	0:58	0:46	0:47	1:11	0:45
		温　度（℃）	140	140	140	140	140
		保温时间(时:分)	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00
	高温	升温时间(时:分)	1:01	0:47	0:41	1:00	0:35
		最高温度（℃）	166	166	166	166	166
		保温时间(时:分)	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00
	残碱（g/l）		11.24	9.89	8.63	6.75	4.63
	得　率（%）		46.74	48.12	47.21	49.21	51.74
	硬度（高锰酸钾值）		9.74	10.00	10.87	11.15	13.56
漂白结果	耗氯量（%）		5.5	5.3	6.7	6.25	7.89
	白　度（%）		81	82	82	83	83
原浆强度	裂断长（m）		5805	6180	6071	6071	6000
	撕裂度（mN）		764.4 (78g)	862.4 (88g)	1156.4 (118g)	960.4 (98g)	1038.8 (106g)

原料：慈竹。

蒸煮条件：硫化度25%，液比1:4。

（三）硫　化　度

蒸煮竹浆，过去多数工厂采用高硫化度（例如30～33%），现在普遍控制在20～30%之间，通常蒸煮漂白竹浆的硫化度为20～25%；蒸煮牛皮纸、纸袋纸用浆则高些，一般为28～30%。

表4-9-11　不同硫化度对蒸煮的影响

硫　化　度　（%）			0	8	15	20	25	30
蒸煮条件及结果	低温	升温时间（时:分）	1:13	0:58	0:51	0:48	—	0:52
		温　度（℃）	140	140	140	140	140	140
		保温时间（时:分）	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00
	高温	升温时间（时:分）	1:02	0:52	0:57	0:25	—	0:51
		最高温度（℃）	166	166	166	166	166	166
		保温时间(时:分)	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00
	残碱（g/l）		13.5	11.5	11.63	10.00	9.89	9.07
	粗浆得率（%）		48.06	47.34	48.82	48.26	48.12	48.34
	硬度（高锰酸钾值）		13.43	10.62	9.52	9.2	10.00	10.1
	木素含量（%）		—	1.44	—	1.35	—	1.38
漂白	漂白氯耗（%）		7.85	5.20	5.20	5.10	5.30	5.30
	白　度（%）		80	80	82	81	80	80
原浆强度	裂断长（m）		5470	5645	5779	—	6180	6100
	撕裂度（mN）		1136.8 (116g)	1009.4 (103g)	950.6 (97g)	1068.2 (109g)	862.4 (88g)	1009.4 (103g)

原料：慈竹

用碱量及液比：有效碱19.8%Na_2O，液比1:4。

由表4-9-11可见，竹材蒸煮硫化度的影响与木材蒸煮相似。

（四）液　比

不同液比蒸煮老竹试验，见表4-9-12。

表4-9-12　　不同液比蒸煮老竹中型试验结果

竹种		合江三年生慈竹				铜梁二年生慈竹			
蒸煮条件	用碱量（Na_2O%对风干料）	14.78	14.78	14.78	14.78	16.73	16.73	16.73	16.73
	硫化度（%）	33.9	33.9	33.9	33.9	33.9	33.9	33.9	33.9
	液　比	1:2	1:2.3	1:2.5	1:2.8	1:2	1:2.3	1:2.5	1:3.0
	药液浓度（g/l）	82.1	71.4	65.7	58.8	93	80.9	74.4	62
	低温压力（kPa）	274.4	274.4	274.4	274.4	274.4	274.4	274.4	274.4
		(2.8kg/cm²)	(2.8kg/cm²)	(2.8kg/cm²)	(2.8kg/cm²)	(2.8kg/cm²)	(2.8kg/cm²)	(2.8kg/cm²)	(2.8kg/cm²)
	低压保温（时:分）	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00	2.00
	最高压力（kPa）	617.4	617.4	617.4	617.4	617.4	617.4	617.4	617.4
		(6.3kg/cm²)	(6.3kg/cm²)	(6.3kg/cm²)	(6.3kg/cm²)	(6.3kg/cm²)	(6.3kg/cm²)	(6.3kg/cm²)	(6.3kg/cm²)
	保温时间（时:分）	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00
	黑液总固体（%）	—	—	—	—	26.22	23.24	26.38	18.73

续表

竹种		合江三年生慈竹				铜梁二年生慈竹			
蒸煮结果	粗浆得率（%）	39.2	40.2	44.12	44.04	41.90	43.93	44.10	—
	高锰酸钾值	10.8	10.3	11.5	11.8	10.95	11.11	10.30	11.70
	α纤维素（%）	88.23	90.88	86.89	85.22	—	—	—	—
	木　素（%）	2.04	1.95	2.16	2.18	—	—	—	—
	耗氯量（%）	4.02	3.78	4.31	4.44	4.34	4.24	4.31	—
	漂　损（%）	2.10	2.10	2.74	3.00	3.60	4.00	3.00	—
打浆	时　间（时:分）	6:08	6:00	5:42	6:12	6:25	6:40	6:00	6:30
	打浆度（°SR）	77	77	78	76	77	78	78	79
浆张强度	裂断长（m）	3233	3212	3475	3840	3873	3753	3667	3725
	撕裂因子（mN）	470.4	637	617.4	764.4	544.9	623.3	604.7	702.7
		(48g)	(65g)	(63g)	(78g)	(55.6g)	(63.6g)	(61.7g)	(71.7g)

续表

竹种		合江三年生慈竹				铜梁二年生慈竹			
蒸煮结果	粗浆得率（%）	39.2	40.2	44.12	44.04	41.90	43.93	44.10	—
	高锰酸钾值	10.8	10.3	11.5	11.8	10.95	11.11	10.30	11.70
	α纤维素（%）	88.23	90.88	86.89	85.22	—	—	—	—
	木　素（%）	2.04	1.95	2.16	2.18	—	—	—	—
	耗氯量（%）	4.02	3.78	4.31	4.44	4.34	4.24	4.31	—
	漂　损（%）	2.10	2.10	2.74	3.00	3.60	4.00	3.00	—
打浆	时　间（时:分）	6:08	6:00	5:42	6:12	6:25	6:40	6:00	6:30
	打浆度（°SR）	77	77	78	76	77	78	78	79
浆张强度	裂断长（m）	3233	3212	3475	3840	3873	3753	3867	3725
	撕裂因子（mN）	470.4	637	617.4	764.4	544.9	623.3	604.7	702.7
		(48g)	(65g)	(63g)	(78g)	(55.6g)	(63.6g)	(61.7g)	(71.7g)

一般液比在1:2～2.6。用立式蒸煮锅蒸煮竹片，宜采用较大的液比，一般为1:3～3.7。药液最初浓度控制在50～60g/l，液量为锅容的50～60%为宜。对软和容易渗透的原料，液比宜大；硬和不易渗透的原料则宜小。

（五）蒸煮温度及时间

竹材蒸煮温度及时间的规律，基本上与蒸煮木浆相似。竹材结构紧密，要求渗透速度与反应速度相配合，因此竹材蒸煮通常分两个阶段进行，即低温浸透和高温蒸煮阶段。

1. 浸透温度对蒸煮的影响

试验结果见表4-9-13。

表4-9-13　　不同浸透温度的试验

升压时间	低温浸透阶段		高温蒸煮阶段		总耗时	粗浆得率	硬度
（时：分）	温度（℃）	时间（时:分）	温度（℃）	时间（时:分）	（时:分）	（%）	（高锰酸钾值）
0:20	110	2:00	160	3:00	5:20	45.2	15.22
0:35	120	2:00	160	3:00	5:35	46.8	14.25
0:30	130	2:00	160	3:00	5:30	47.7	14.30
0:38	140	2:00	160	3:00	5:38	47.8	13.60

原料：三年生慈竹。
蒸煮条件：用碱量13.4%Na_2O，硫化度33.9%，液比1:3。

表4-9-13可看出，较高的浸透温度，对药液的浸透有利。

2. 高温蒸煮阶段，不同温度对蒸煮的影响。

试验结果见表4-9-14。

表4-9-14　　不同最高温度的蒸煮试验

升压时间	低温浸透阶段		高温蒸煮阶段		总耗时	粗浆得率	硬度
（时：分）	温度（℃）	时间（时：分）	最高温度（℃）	保温时间（时:分）	（时：分）	（%）	（高锰酸钾值）
0:49	110～140	0:30	150	5:00	6:19	37.7	17.11
0:44	110～140	0:30	160	3:30	4:44	37.5	15.45
0:47	110～140	0:30	170	3:30	4:47	37.4	15.38

原料：二年生白夹竹。
蒸煮的其它条件：用碱量14.5%，硫化度33.9%，液比1:3，药液浓度48.3g/l。

试验结果表明，蒸煮最高温度以160～170℃较好。

3． 渗透时间对蒸煮的影响

试验结果见表4-9-15。

表4-9-15　　不同低温浸透时间的蒸煮试验

低温浸透温度（℃）	低温浸透时间（时:分）	黑液残碱（g/l）	粗浆得率（%）	硬度（高锰酸钾值）	漂白氯耗（%）	漂浆白度（%）	原浆裂断长（m）	原浆撕裂度（g）
140	0:00	10.75	47.97	11.2	6.2	80	6025	121
140	1:00	10.82	48.97	9.7	5.24	80	6040	121
140	1:30	9.98	48.30	9.68	5.14	83	5980	113
140	2:00	10.00	48.26	9.38	5.10	81	—	109

原料：慈竹。

蒸煮条件：用碱量（Na_2O）17.83%，硫化度20%，液比1:4，蒸煮最高温度166℃，保温时间3h。

可见，采用低温浸透，粗浆得率较高而硬度较低。在140℃下浸透时间以1～2小时为宜。

4． 高温温度及保温时间的影响

试验结果见表4-9-16。

（六）药液浸透的条件

为了改善竹材的浸透，有的厂采用汽蒸法排除竹片内的空气，即反复数次进行进汽排气，然后送液蒸煮，这样可加速碱液渗透，缩短浸透和蒸煮时间，改进纸浆蒸煮均匀性（见表4-9-17）。生产实践还说明汽蒸排气法蒸煮还可提高纸浆得率。

表4-9-16　　不同高温温度及不同保温时间蒸煮试验

蒸煮最高温度 (℃)	最高温度下保温时间 (时:分)	黑液残碱 (g/l)	粗浆得率 (%)	硬　度 (高锰酸钾值)	漂白耗氯 (%)	漂浆白度 (%)	原浆裂断长 (m)	原浆撕裂度 (g)
160	3:00	10.62	—	10.62	6.01	83	6700	86
160	4:00	11.75	50.54	10.13	5.5	80	5840	91
160	4:30	11.07	49.90	10.05	5.5	81	5700	124
166	2:00	11.20	50.36	10.33	5.6	81	5900	116
166	2:30	11.16	49.78	10.13	5.5	82	5860	123
166	3:00	9.98	48.30	9.63	5.14	83	5980	113
166	3:30	8.75	48.73	9.58	5.3	81	5740	109

原料：慈竹。

蒸煮条件：用碱量（Na_2O）17.83%，硫化度20%，低温浸透温度140℃，时间1.5h。

表4-9-17

汽蒸排气法与普通蒸煮方法对比（原料，慈竹）

		汽蒸法排气		普通蒸煮
蒸煮设备		5.6m³旋球	40m³蒸球	5.6m³蒸球
用碱量(Na_2O)（%）		17	17	17
硫化度(%)		33.3	25.0	33.3
排汽阶段	进汽压力(kPa)(kg/cm²)	205.8 (2.1kg/cm²)	205.8 (2.1kg/cm²)	
	排汽次数	3	2	
	进排汽共需时间(min)	15		
	排汽程度	两次排至无压，第三次排至68kP	两次均排至无压	
	进碱液压力(kPa)	68(0.7kg/cm²)	0	
低压渗透	压力（kPa）	274.4 (2.8kg/cm²)	205.8→34.3→205.8 (2.1→0.35→2.1 kg/cm²)	205.8→274.4→343 (2.1→2.8→3.5 kg/cm²)
	时间(时:分)	1:15	1:30	2:30
高压蒸煮	压力(kPa)	548.8	588	548.8
		5.6	6.0	5.6
	时间(时:分)	3:00	2:00	3:00
蒸煮总时间（时:分）		7:28	5:28	9:11
粗浆硬度（高锰酸钾值）		9.1		8.93

（七）添加蒽醌对竹浆蒸煮的影响

试验结果见表4-9-18和表4-9-19。

表4-9-18　　添加蒽醌对竹浆蒸煮的影响

蒸煮方法			烧碱法		烧碱-蒽醌法	硫酸盐-蒽醌法			
蒸煮条件	用碱量(NaOH)（%）		28	26	23	23	23	23	21
	蒽醌加入量（%）		0	0	0.05	0	0.05	0.05	0.05
	硫化度（%）		0	0	0	25	26	10	25
	升温曲线（时:分）	140±1℃	2:30			2:30			
		140→150℃	0:15			1:05			
		150→158℃	0:15			1:40			
		160±2℃	2:30			1:15			
蒸煮结果	黑液残碱(g/l)		32.5	27.2	18.6	8.32	12.16	13.08	6.56
	粗浆得率(%)		38.0	39.5	42.6	46.2	46.5	45.5	48.1
	粗浆高锰酸钾值		10.56	11.65	11.23	12.05	8.92	9.32	12.21
	漂白用氯（%）		7	7	7	7	7	7	7
	残氯（g/l）		0.43	0.29	0.38	0.46	0.75	0.65	0.28
	漂浆白度（%）		75.8	73.2	74	75.7	74	76.7	69.5

蒸煮的其它条件：液比1:2.8；蒸煮最高温度160±2℃。
漂白条件：浆料浓度4%，漂白温度38～42℃，时间2h。

表4-9-19　硫酸盐法与烧碱蒽醌法蒸煮小杂竹情况对比

蒸煮方法			硫酸盐法	烧碱-蒽醌法
蒸煮条件	用碱量	(%)	18	18
	其中烧碱	(%)	15	18
	硫化碱	(%)	3	0
	硫化度	(%)	16.6	0
	蒽醌用量	(%)		0.043
蒸煮结果	黑液残碱	(g/l)	10.5	13.9
	粗浆得率	(%)	48.27	50.42
	粗浆高锰酸钾值		13.3	15.2
	除渣损失	(%)	1.56	2.44
	粗浆聚戊糖	(%)	24.65	22.57
漂	漂率	(%)	4.0	4.63
	白度	(%)	62	62
	细浆得率	(%)	39.62	40.23
纸浆用途			30%漂白竹浆配70%漂白苇浆生产二号凸版纸	

原料：小杂竹。

蒸煮设备：25m³蒸球。

蒸煮条件：液比1:2.6；最高压力588kPa(6kg/cm²)；升温0→392kPa(0→4kg/cm²)1时50分；392kPa(4kg/cm²)保温1h；392→588kPa(4→6kg/cm²)0.5h；588kPa(6kg/cm²)保温1h。

六、蒸煮实例

（一）国内竹材硫酸盐蒸煮

一般硫酸盐法蒸煮竹材的工艺如下：

（1）原料规格：竹片长：10～25mm；竹丝长：30～50mm；竹片水分：不宜超过15%。

（2）用碱量(以NaOH对绝干竹片计%)：因竹种、竹龄以及对纸浆要求的不同，用碱量有很大的差别。一般漂白浆为18～23%，有的高于23%，如老楠竹高达26～27%，纸袋纸用的本色浆为15～16%。

（3）硫化度：蒸煮漂白浆，硫化度一般为20～25%；牛皮纸、纸袋纸用浆则高些，一般为28～30%。

（4）液比：蒸球蒸煮，液比一般为1:2.1～2.3；立式蒸锅蒸煮，液比较高，一般为1:2.6～2.8，也有高达1:3.5～3.6。

（5）蒸煮温度和时间：竹材结构紧密，加上导管内部留存的空气极不易排除，因此需要有较长的药液渗透时间。低温渗透的压力在25～392kPa(4.0kg/cm²)之间，时间为1～2 h；高温蒸煮压力为588～686kPa(6.0～7.0kg/cm²)，时间2～3 h。

1. 蒸球蒸煮

见表4-9-20。

表4-9-20　国内硫酸盐竹浆蒸煮实例（蒸球蒸煮）

蒸煮条件及结果		浆					硬浆
		软					
		慈竹黄蔑	慈竹、白夹竹	慈竹	小杂竹	脱青皮楠竹	脱青皮慈竹
蒸球容积(m³)			40		25		40
装锅量（风干）(kg/m³)			175		192		166.5
用碱量(NaOH)	(%)	18～20	25～26	20	18～19		15～16
硫化度	(%)	20～25	20	20	20		28
液比		1:2.3	1:2.5	1:2.1	1:2.2	1:2.6	1:2.6
升温	(kPa)					0→98	0→411.6
	(kg/cm²)					0→1	0→4.2
蒸煮时间	(时:分)			2:50	2:10	1:00	1:00
低压渗透压力	(kPa)	245	490		294	98→196	411.6→548.8
	(kg/cm²)	2.5	5.0		3.0	1→2	4.2→5.6
时间	(时:分)	1:00	2:30		2:00	0:30	0:45
最高压力(kpa)		637	637～686	548.8	588	656.6	548.8
	(kg/cm²)	6.5	6.5～7.0	5.6	6.0	6.7	5.6
保温时间	(时:分)	2:30	2:30～4:00	2:00	3:00	3:30	1:20
粗浆得率	(%)	42～43	42～48	57.8	42-44	49～51	62.9～63.4
粗浆硬度（高锰酸钾值）		9～12	9～13	10～11	16-18	8～12	32～35
						7-9	

表4-9-20

国内硫酸盐竹浆蒸煮实例（蒸球蒸煮）

		软浆							硬浆
		慈竹黄蔑	慈竹、白夹竹	慈竹	青山竹	脱青糟竹	脱青糟竹	小杂竹	脱青嫩慈竹
	蒸球容积(m^3)		40		25			25	40
蒸煮条件及结果	装锅量（风干）(kg/m^3)		175		200			192	166.6
	用碱量(NaOH)（%）	18～20	25～26	20	21.3～21.9	26	22～23	18～19	15～16
	硫化度（%）	20～25	20	20	30		25	20	28
	液比	1:2.3	1:2.5	1:2.1	1:2.4	1:3.0～3.3	1:2.6	1:2.2	1:2.6
	升温（kPa）						0→98		0→411.6
	（kg/cm^2）						0→1		0→4.2
	时间（时:分）			2:50	1:40		1:00	2:10	1:00
	低压渗透压力（kPa）	245	490		294	196	98→196	294	411.6→548.8
	（kg/cm^2）	2.5	5.0		3.0	2.0	1→2	3.0	4.2→5.6
	时间（时:分）	1:00	2:30		2:30	3:00	0:30	2:00	0:45
	最高压力(kpa)	637	637～686	548.8	637	637	656.6	588	548.8
	（kg/cm^2）	6.5	6.5～7.0	5.6	6.5	6.5	6.7	6.0	5.6
	保温时间（时:分）	2:30	2:30～4:00	2:00	1:30	3:30	3:30	3:00	1:20
	粗浆得率（%）	42～43	42～48	57.8		49～51	-	42-44	62.9～63.4
	粗浆硬度（高锰酸钾值）	9～12	9～13	10～11	12～15	8～12	7-9	16-18	32～35

续表

		软浆						硬浆	
		慈竹黄蔑	慈竹、白夹竹	慈竹	青山竹	脱青楠浆	脱青楠浆	小杂浆	脱青嫩慈竹
蒸球容积(m^3)			40		25			25	40
浆料质量	漂率 (%)	4～6	6～8	4		6～7	4～4.5		
	白度 (%)	约 75	80	75～80		80	83		
	打浆度 (°SR)	60～65	44～48	71～73		84～86	45±2		29～33
	纤维长度 (mm)		0.9～1.0	1.02～1.12		1.05～1.15	0.82～0.86		1.7～1.9
	湿重 (g)	5.5～6.0	5～7			5.5～6.5	4.0±5		
配比和用途	浆料配比 (%)	竹浆100	竹浆60 龙须草浆40	竹浆100%		竹浆100	竹浆50 麦草浆50		竹浆50 木浆50
	生产纸种	打字纸	胶版纸、书写纸	打字纸	打字、书写纸	*2拷贝纸	书写纸		纸袋纸

2. 立式蒸煮锅蒸煮

表4-9-21　　国内硫酸盐竹浆蒸煮实例（立锅蒸煮）

		老竹	嫩竹	老竹、杂竹混合
蒸煮锅锅容(m^3)		75	75	75
装锅量(绝干kg/m^3)		213.3～226.6	133.3～160	220.6～266.6
用碱量($NaOH+Na_2S$) (%)		20～22	17～18	20～22
硫化度 (%)		15～20	15～20	20～25
液比		1:2.8～3.0	1:3.5～3.7	1:2.6～2.8
蒸煮最高温度 (℃)		165±2	165±2	165±2
蒸煮最高压力 (kPa)		—	—	637 (6.5kg/cm^2)
加热方式		间接加热辅以直接加热	间接加热辅以直接加热	间接加热辅以直接加热
蒸煮时间	装锅时间 (时:分)	0:20	0:20	0:25
	升温时间 (时:分)	2:30	2:00	2:00
	保温时间 (时:分)	2:30	2:00	2:00～2:30
	放汽时间 (时:分)	0:10	0:10	
	放锅时间 (时:分)	0:20	0:20	0:25
粗浆高锰酸钾值		10～14	8～12	10～15
粗浆得率 (%)				40～44
漂浆得率 (%)				35
浆料用途		半漂浆配抄新闻纸　全漂浆配抄书写纸和凸版纸		

2. 立式蒸煮锅蒸煮

表4-9-21　　国内硫酸盐竹浆蒸煮实例（立锅蒸煮）

		老竹	嫩竹	老竹、杂竹混合
蒸煮锅锅容(m^3)		75	75	75
装锅量(绝干kg/m^3)		213.3～226.6	133.3～160	220.6～266.6
用碱量($NaOH+Na_2S$)	(%)	20～22	17～18	20～22
硫化度	(%)	15～20	15～20	20～25
液比		1:2.8～3.0	1:3.5～3.7	1:2.6～2.8
蒸煮最高温度	(℃)	165±2	165±2	165±2
蒸煮最高压力	(kPa)	—	—	637 (6.5kg/cm^2)
加热方式		间接加热辅以直接加热	间接加热辅以直接加热	间接加热辅以直接加热
蒸煮时间	装锅时间 (时:分)	0:20	0:20	0:25
	升温时间 (时:分)	2:30	2:00	2:00
	保温时间 (时:分)	2:30	2:00	2:00～2:30
	放汽时间 (时:分)	0:10	0:10	
	放锅时间 (时:分)	0:20	0:20	0:25
粗浆高锰酸钾值		10～14	8～12	10～15
粗浆得率	(%)			40～44
漂浆得率	(%)			35
浆料用途		半漂浆配抄新闻纸	全漂浆配抄书写纸和凸版纸	

（二）技术经济指标

表4-9-22为几个工厂生产硫酸盐竹浆的主要技术经济指标。

表4-9-22　　硫酸盐竹浆生产主要技术经济指标

		四川竹	四川竹	江西竹	江西竹	湖南竹	福建竹	四川竹
浆料种类		漂白浆	漂白浆	漂白浆	漂白浆	漂白浆	漂白浆	本色浆
蒸煮锅	型　式	立锅	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球
	容积(m^3)	75	40	25.6	25	40	25	40
装锅量,(绝干kg/m^3)		251	197	175	—	178	204	176
平均蒸煮时间(时:分)		5:27	7:30	7:30	6:40	6:00	7:30	5:32
纸浆得率(%)	粗浆	39.2	42.2	47	50	48	37	47.7
	细浆	90.5	84	90	90	98	86	97.5
漂白损失率(%)		9.5①	11	5	10	8.5	10	0
成浆率(%)		35.5	34.6	42	38.5	43	32	46.5
每吨纸浆消耗	纤维原料(kg)	2907	2892	2397	2598	2325	2133	2151
	烧碱(kg)	—	613	340	336	307	439	200
	硫化碱(kg)	—	156	94	45	98	96	66
	氯　(kg)	—	110	—	76	61.1	97	0
	标准煤(kg)	432	727	628	663	551	574	266
	电(k、W、h)	285	385	575	150	332	179	184

① 该项漂白损失率包括筛选损失率。

（三）国外竹材硫酸盐蒸煮

印度是世界上竹材造纸最主要的国家，其造纸原料构成中，竹材约占65%。使用的竹种主要是苏麻竹（*Dendrocalamus strictus*）和刺状箭竹（*Bambusa arundinacea*）。有单独使用竹材制浆，也有掺配50%阔叶木片混合蒸煮（采用卡米尔连续蒸煮器）制造本色浆和漂白浆，生产的纸种有优质印刷书写纸、证券纸、标签纸、复写纸、包装纸、并用作新闻纸的配料。还有利用预水解硫酸盐法蒸煮和二氧化氯七段漂白来生产溶解浆。下面是印度硫酸盐法竹浆蒸煮的情况。

1. 两级蒸煮一般的工艺条件

见表4-4-23。

表4-9-23　　印度两级蒸煮一般的工艺条件

		两级蒸煮	
		第一级	第二级
用碱量	(%)	6～10	16～18
液比		1:4	—
蒸煮液浓度	(%)	2	6
最高温度	(℃)	115～120	140～153
蒸煮时间	(h)	2	3
硬度	(高锰酸钾值)	—	10～12

2. 单段蒸煮一般的工艺条件

见表4-9-24

表4-9-24　　印度单段蒸煮一般的工艺条件

		软浆	硬浆
用碱量	(%)	20～22	17～19
硫化度	(%)	20～25	22
最高温度	(℃)	170	150～160
保温时间	(h)	2.0～2.5	1.0～1.5
蒸煮全程	(h)	4	
硬度	(高锰酸钾值)	13～16	24～28
得率	(%)	44～46	50～52

3. 硫酸盐竹浆生产实例

表4-9-25　　印度竹浆生产实例

			软浆	可漂硬浆	
蒸煮工艺条件及结果	活性碱用量(Na_2O%)		23	19	19
	硫化度(%)		22	22	22
	液比		1:3.5	1:3	1:3
	最初碱液浓度(g/l)		65.7	63.3	63.3
	蒸煮最高温度(℃)		170	160	154
	升温时间 (时:分)		2:00	2:00	2:00
	保温时间 (时:分)		4:00	1:30	1:30
	粗浆得率(%)		45.3	54.3	56.8
	粗渣率(%)		无	1.7	2.5
	洗筛后未漂浆得率(%)		45.3	52.6	54.3
	未漂浆高锰酸钾值		12.9	21.3	24.8
①漂白工艺条件及结果	氯化	氯加入量 (%)	4.4	8.0	9.0
		残氯量 (%)	0.4	0.5	2.0
	碱处理	NaOH加入量 (%)	1.7	2.5	2.5
		终点pH值	10.2	11.1	10.8
	次氯酸盐漂白	有效氯加入量 (%)	3.0	3.0	3.0
		残氯量 (%)	0.55	0.47	0.53
		终点pH值	8.0	8.1	7.8
	②漂浆总得率 (对原料)(%)		42.5	46.9	47.6
	漂白总用氯量 (对未漂浆)(%)		6.7	11.3	12.9
	总漂损 (%)		6.2	10.8	13.4
漂白浆质量	白度 (%)		78.5	80.0	79.5
	粘度		7.7	14.8	17.3
	聚戊糖 (%)		18.2	20.3	20.6

① 三段漂白的工艺条件：氯化段，浆浓度3%，温度28℃，时间1h；碱处理段，浆浓度5%，温度50℃，时间1h；次氯酸盐段，浆浓度5%，温度40℃，时间2h。

② 漂浆总得率中，未包括可以加工成纸的浆渣的数量在内。

附：竹笋壳制浆

竹笋壳是嫩竹的保护组织。因资源有限，造纸工业使用不多。浙江省有用以制浆，配用于打字纸和卷烟纸中。

竹笋壳纤维细而柔软，长度一般为1.0～2.0mm，宽度为5～12μm，含有较多薄壁细胞。

一、竹笋壳的化学组成

表4-9-26为浙江省产的毛笋壳的化学组成。

表4-9-26　　笋壳与一年生春竹化学组成的比较

		浙江毛笋壳	浙江一年生春竹
灰分	(%)	3.48	1.68
热水抽出物	(%)	5.63	5.57
苯醇抽出物	(%)	0.67	4.55
木素	(%)	16.67	26.26
聚戊糖	(%)	26.53	22.91
全纤维素	(%)	56.90	58.83

笋壳与竹子比较，有较低的木素和较高的聚戊糖含量，因此制浆比较容易。

二、笋壳制浆工艺条件

见表4-9-27

表4-9-27　　烧碱法制可漂笋壳浆工艺条件

蒸煮条件及结果	用碱量(NaOH,对风干原料)	14～16%
	液比	1:3.2
	蒸煮压力 (kPa)	
	196(2.0kg/cm²)保温	1h
	196→29.4(2.0→0.3kg/cm²)	
	29.4→539(0.3→5.5kg/cm²)	
	539 (5.5kg/cm²)保温	4h
	硬度 (高锰酸钾值)	8～10
	粗浆得率	45～48%
漂白	用氯量 (有效氯)	3.5～4.5%
	漂白浆白度	80～85%

三、漂白笋壳浆的特征与用途

见表4-9-28。

表4-9-28　　漂白笋壳浆的化学组成与用途

化学分析	灰分	1.78%
	木素	0.4%
	聚戊糖	16.29%
	α-纤维素	71.48%
	全纤维素	94.87%
	铜价	1.77
用途	打字纸中配用	30%
	卷烟纸中配用	20%

四、技术经济指标

原料：	笋壳
浆料种类：	漂白浆
蒸煮锅型式：	蒸球
蒸煮锅容积：	$40m^3$
装锅量，绝干：	$175kg/m^3$
平均蒸煮时间：	8 h
粗浆得率：	45%
细浆得率：	67.4%
漂白损失率：	5 %
成浆率：	28.8%
纤维原料耗用量：	3474kg
烧碱耗用量：	650kg
氯耗用量：	66kg
标准煤耗用量：	387kg
电耗：	648kW·h
浆料用途：	配抄卷烟纸、打字纸

第十节　其它非木材纤维原料制浆

一、麻、桑皮、棉及破布制浆

韧皮纤维原料的麻类、檀皮、桑皮、构皮是造纸的优质原料。我国多用苧麻、亚麻、大麻、黄麻及青麻等麻类和桑皮、檀皮等树皮原料制浆。现今多采用废麻袋、麻绳头、麻屑及麻质破布等废料制浆。

制浆造纸工业用的棉纤维原料主要是棉短绒、纺织厂的废棉

（如地脚花、车肚花等）、被服厂的边废料、破布以及旧布鞋的鞋帮、鞋底。使用中根据原料的性质和新旧程度分别处理，供抄制各种不同要求的纸张。

（一）原料质量要求和分类标准

1. 质量要求及分类标准

（1）大麻：大麻的质量标准见表4-10-1。

表4-10-1　　大麻的质量标准

等级	剥制情况	长度	色泽	柔韧	斑疵
1	剥制洁净，根梢一致，纤维细而整齐，胶质少，无麻秆碎片	1.7m以上	天然淡白色，有光泽	麻皮最薄，柔软，韧力强	无外伤斑疵
2	剥制洁净，根梢一致，纤维较细，稍有胶质，无麻秆碎片	1.7m以上	天然淡白黄色，有光泽	麻皮薄，柔软有韧力	偶有
3	剥制洁净，根梢一致，纤维较细，稍有胶质及麻秆碎片	1.3m以上	嫩黄带青，光泽平常	略厚较硬，韧力平常	稍有
4	剥制洁净，根梢一致，纤维较差，稍有麻秆碎片	1.3m以上	灰黄棕色，较暗	粗糙，韧力差	有
5	剥制洁净，根梢一致，纤维较细，脱胶差，稍有麻秆碎片	以品质鉴定。	黄黑色	皮较粗厚，硬而脆	较多
6	剥制洁净，根梢一致，纤维较差，有麻秆碎片	以品质鉴定。	青灰黑色	皮粗厚而硬	较多
7	剥制洁净，根梢一致，纤维较差，有麻秆碎片	以品质鉴定。	灰黑色	皮粗厚而硬	多

要求：天然含水量不超过14%。

（2）废麻：包括废麻袋、麻绳头、麻屑。要求不得夹杂铁器、橡胶、毛发、柏油、杂草、棕绳及霉烂变质的料。

（3）桑皮：桑皮的质量标准见表4-10-2。

表4-10-2　　桑皮的质量要求

项　　目	质　量　要　求
(1)桑皮种类	家桑，不允许有野桑、火桑混杂在内
(2)桑皮外观	无霉烂、虫蛀、发脆、变质现象。长度在0.5m以上
(3)桑梗含量	小于0.1%
(4)水分	18%以下
(5)贮存日期	从桑树上剪枝剥皮日期起，贮存时间最好不超过18个月

（4）棉短绒：制棉短绒浆一般用二道绒和三道绒。进厂的棉绒应按产地、等级、类别和成熟度分别贮存和使用。质量标准见表4-10-3。

表4-10-3　　棉短绒质量标准

项　　目		指　标	二　类			三　类		
			一级	二级	三级	一级	二级	三级
长度	手扯长度不大于(mm)	12						
	12mm以上纤维重量不大于(%)	25	25			5		
	3mm以下纤维重量等于或不大于(%)	58	60			80		
色泽		浅灰白或微黄						
形态		表面均匀细致稍有棉结籽屑等疵点						
成熟度，不小于(%)		85	80	70	50	80	70	50
硫酸不溶物，不大于(%)		3.0	3.5	6.0	8.5	5.5	7.0	9.0
灰分，不大于(%)		1.2	1.3	1.8	2.2	1.6	2.0	
铁质，不大于(mg/kg)		100	250			250		
含水率，标准(%)		9	9			9		
含水率，最高限度(%)		11						

（5）废棉、破布原料的分类见表4-10-4。

表4-10-4　　废棉、破布原料的分类

类别		质量要求
废棉	废旧棉花(放棉)	以棉被、棉衣、棉鞋、棉帽、棉手套拆出的碎棉块，棉被套加工厂的下脚料等为限。不论块大小，色泽黑白均可。但应除尽碎丝棉、碎毡呢、砂土及其它杂质
	地脚花	分三种①纺织厂的织布地脚和纺纱地脚，但须分别打包。②刮绒，是棉织品车间刮刷下来的落地绒。③车肚、地弄下脚，包括废棉、车肚、地弄、加工下脚等
	车肚花	包括地洞花，其纤维较地脚花长，但地洞花须与车肚花分别包装
新碎布	浅色剪口布	以全白色和灰黄、绿、粉等浅色布及浅色花布的新单剪口棉布为限。应剔除深色布及深花色布和丝毛织品
	深色剪口布	以各种深色布和深色花布的剪口棉布为限。应剔出帆布及丝毛织物
旧破布	易漂破布	以棉质浅蓝、白等浅色花布及浅色针织品为限。应剔除隔褙边及剪下的隔褙碎块，各种丝毛织物以及深色布及深色印花布、深色针织品及厚层纳物等
	可漂破布	以棉质红、黑旧破布为主，包括黑色的染色格子布，各种深色印花布、深色针织品以及不夹纸的隔褙边等。应剔除丝毛织品和各种深色士林布、卡其布及厚层纳物等
	难漂破布	以棉质深色蓝布、卡其布、工农蓝布、华达呢布，硫化青布、硫化灰布及各种深色士林布为限。应剔除丝毛织品
破鞋	鞋帮布	以棉质有纳无钠鞋帮为限，不分颜色，包括厚层纳布及各色旧帆布。应剔除毛丝织品的鞋帮、球鞋帮、跑鞋帮、鞋底、皮滚口、油钉鞋帮等
	鞋底	以棉质鞋底为限。应剔除霉烂者及铁器、皮后跟等物

以上各类均须剔除各种合成纤维织物、胶布、皮革、烧焦布、油漆布、黄蜡布、油浸布、霉烂布、上烤香云纱、硬质钮扣、

兽毛、泥土、木屑、橡胶及其它有害制浆造纸的夹杂物，并按分类打包。

2. 蒸煮原料的规格

原料在切断前应按最终产品的质量要求进行选别，剔除杂质。对于含尘量大的原料(例如破布、鞋底、废麻等)，最好先经除尘或消毒处理。

切料规格力求短小、均整，以改善蒸煮质量的均匀性及有利于煮后料的输送、洗涤和打浆。

表4-10-5　　麻、破布等原料切断的规格

原料名称	长度(mm)	合格率(%)
新麻	小于40	85以上
麻袋	小于60	85以上
麻绳头	小于50	85以上
新旧破布、鞋帮	小于60	80以上
全鞋、鞋底	小于60	80以上

表4-10-6　　桑皮切片的规格

项目	要求
(1)切料长度(mm)	20±5
(2)最大长度允许范围(mm)	30以上不超过6%，大于100的不许有
(3)合格率(%)	80%以上
(4)含杂量	不得含有沙石、竹、木、铁等杂质

兽毛、泥土、木屑、橡胶及其它有害制浆造纸的夹杂物，并按分类打包。

2． 蒸煮原料的规格

原料在切断前应按最终产品的质量要求进行选别，剔除杂质。对于含尘量大的原料(例如破布、鞋底、废麻等)，最好先经除尘或消毒处理。

切料规格力求短小、均整，以改善蒸煮质量的均匀性及有利于煮后料的输送、洗涤和打浆。

表4-10-5　　麻、破布等原料切断的规格

原料名称	长度(mm)	合格率（%）
新麻	小于40	85以上
麻袋	小于60	85以上
麻绳头	小于50	85以上
新旧破布、鞋帮	小于60	80以上
全鞋、鞋底	小于60	80以上

表4-10-6　　桑皮切片的规格

项目	要求
(1)切料长度(mm)	20±5
(2)最大长度允许范围(mm)	30以上不超过6%，大于100的不许有
(3)合格率(%)	80%以上
(4)含杂量	不得含有沙石、竹、木、铁等杂质

（二）蒸煮的目的和方法

见表4-10-7

表4-10-7　　蒸煮的目的和方法

原料		主要目的	常用的蒸煮方法
麻类		脱除木素、果胶等	石灰-纯碱法 烧碱法 硫酸盐法 碱性亚硫酸钠法 （视原料木素含量高低而选用）
桑皮		脱除木素、果胶等	二级碱法蒸煮
棉纤维类	棉短绒、废棉、故棉	除去蜡质、脂肪、油污和棉籽皮等杂质	烧碱法
	浅色剪口布 易漂破布	除去脂肪、污物及脱色	石灰法 石灰-纯碱法 石灰-烧碱法 烧碱法 （视原料的新旧程度而选用）
	深色剪口布 可漂破布	氧化脱色及除去脂肪、污物	氧化蒸煮法（用石灰-纯碱加氧化剂如漂粉）
	难漂破布 （包括阴丹士林、硫化染料及偶氮染料等染色的新碎布。）	还原脱色及除去脂肪、污物	还原蒸煮法（用石灰-纯碱加还原剂如：Na_2S，Na_2SO_3，$Na_2S_2O_4$或$Na_2S_2O_4$等）
	鞋帮、鞋底	除去脂肪、污物及脱色	石灰-纯碱法 石灰-烧碱法

（三）浆料的特征和用途

麻浆的α-纤维素含量较高，纤维细长，强度大，燃烧时无异味，制成的纸比较耐久，适于抄造卷烟纸等高级纸张。

桑皮浆纤维长，且纤维柔韧，适于抄制工业技术用纸，例如电机工业用的云母原纸以及打字蜡纸原纸等。

棉、新破布浆料的α-纤维素含量高，纤维细长、强度大，富有耐久性、坚韧性、弹性和不透明性高、吸水性好等特点。适于抄造吸收性能强、不透明度高、柔软、变形小、印刷性能好、耐久性强的纸张。如钞票纸、图画纸、滤纸等特种纸及溶解浆。

质量好的旧破布、鞋帮、鞋底浆可用于生产高级文化用纸及高档皱纹卫生纸。

质量差的旧破布、鞋帮、鞋底等，经湿法除尘备料后，可直接打浆，抄制油毡原纸。

由于合成纤维及其混纺织物越来越多，棉破布的来源随着纯织物的日趋减少而减少。

1. 浆料特征

见表4-10-8。

表4-10-8　　漂白半浆的特征

浆料种类		白度(%)	打浆度(°SR)	纤维平均长度(mm)	尘埃度(mg²/500g干浆)	α-纤维素(%)	聚戊糖(%)	灰分(%)
漂白麻浆	新大麻、苎麻	80	65～70	2.0～2.4				
	大麻绳头	75	60～65	2.0～2.4		大于85		
	黄麻绳头、麻袋	75	25～30	1.8～2.2		大于83	13～14	小于2.0
	青麻绳头	75	35～40	1.9～2.3		大于82	11～12	小于2.0
桑皮浆		65～70						
漂白棉浆	棉短绒	75～80	17～22	1.6～2.0	小于150	大于96		小于0.5
	新白布料	75～80	18～23	1.7～2.2	小于50	大于97		小于0.4
	破布、鞋帮	67～72	17～22	1.6～2.0	小于200	大于93		小于0.6
	全鞋、鞋底	65～70	17～22	1.6～2.0	小于300	大于90		小于0.1

2. 浆料用途

见表4-10-9

表4-10-9　　麻、桑皮、棉浆的用途

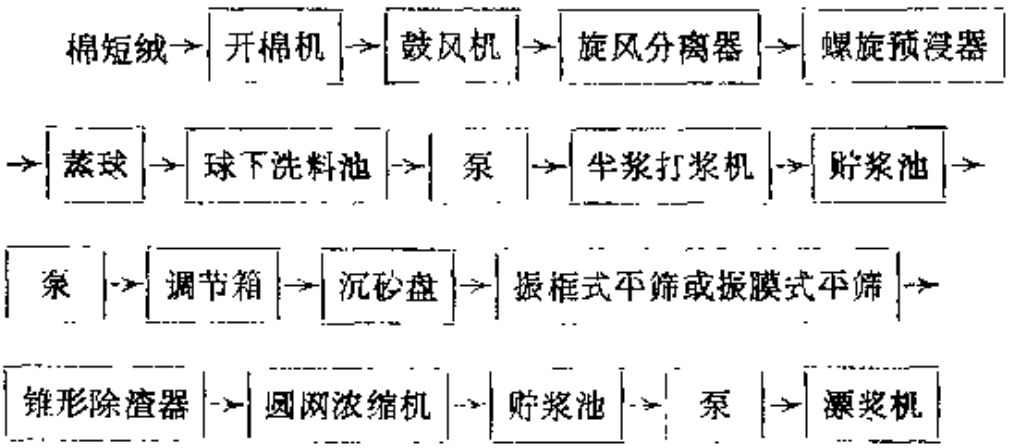
浆料		用途
漂白麻浆		卷烟纸、钞票纸
漂白桑皮浆		云母带原纸、打字蜡纸原纸、誊写原纸、引线钞纸、电池纸、擦镜头纸等
漂白棉浆	棉短绒	钞票纸军用地图纸、海图纸、水彩画纸、特号晒图纸、像册纸、铜版原纸、特白装饰纸、钢纸原纸、打孔电报条原纸、三滤原纸、定性滤纸、毛纺专用原纸等。精制棉浆用以制造纤维素衍生物
	新白布料	特细羊皮原纸、钞票纸、证券纸等
	破布、鞋帮	画报纸、字典纸、装饰纸、普通证券纸、胶版印刷纸、糖果包装纸、晒图原纸、卫生纸、餐巾纸、医疗用纸等
	全鞋、鞋底	书写纸、凸版纸、书皮纸、打字纸、卫生纸、羊皮原纸等

（四）制浆生产流程

1. 新、旧破布、鞋帮、麻料、桑皮浆的生产流程

切后料→皮带运输机→蒸球→球下洗料池→泵→半浆打浆机→贮浆池→泵→调节箱→沉砂盘→振框式平筛或振膜式平筛→中间池→泵→锥形除渣器→圆网浓缩机→贮浆池→泵→漂浆机。

2. 棉短绒浆的生产流程



（五）影响蒸煮的因素

1. 用碱量

（1）蒸煮用碱量对漂白棉短绒浆蒸煮得率的影响，试验结果见表4-10-10。

表4-10-10　　用碱量对棉短绒浆粗浆得率的影响

用碱量(NaOH%)	5	7	9
粗浆得率(%)	94	91.46	89.43

原料，二类棉短绒。蒸煮最高温度150℃、保温时间2h。

（2）蒸煮用碱量对漂白新布料浆α-纤维素含量和铜价的影响，试验结果见表4-10-11。

表4-10-11　　用碱量对漂白新布料浆的影响

用碱量(NaOH%)	2	3	4
α-纤维素(%)	96.16	97.81	97.61
铜价	0.681	0.783	0.963

原料，新色布1/5，新白布4/5。
蒸煮条件，最高压力490kPa(5kg/cm²)，保压4h。
漂白条件，漂率（有效氯）1%，温度35~40℃，时间1h。

（3）石灰用量对破布浆白度的影响见表4-10-12。

表4-10-12　　石灰用量对破布浆白度的影响

石灰用量(%)	14	18	22
白度(%)	67.9	69.3	70

蒸煮条件：纯碱用量5%，液比1:5，蒸煮最高压力490kPa (5kg/cm²)，保温时间6h。

漂白条件：漂率（有效氯）1.5%，浆浓度5%，温度35～38℃，时间3h。

（4）纯碱用量对漂白破布浆白度的影响见表4-10-13。

表4-10-13　　纯碱用量对漂白破布浆白度的影响

纯碱用量(%)	5	7	9
白度(%)	69.3	69.7	71.0

新麻料用碱量较高，旧麻料用碱量较低，一般用碱量为9～13%NaOH。

2. 蒸煮压力

表4-10-14　　蒸煮压力对破布浆得率和白度的影响

蒸煮压力(kPa)	294(3kg/cm²)	392(4kg/cm²)	490(5kg/cm²)	588(6kg/cm²)
粗浆得率(%)	85	82.86	78.8	—
白度(%)	—	68.6	69.3	70.9

蒸煮条件：石灰用量18%，纯碱用量5%，液比1:5，保温时间6h。

漂白条件：漂率（有效氯）1.5%，漂白浓度5%，温度35～38℃，时间3h。

表4-10-15　　等外绒常压蒸煮与高压蒸煮的比较

蒸煮方式	常压蒸煮			高压蒸煮	
用碱量(NaOH) (%)	4	4	4	5	5
液比	1:4	1:4	1:4	1:2.5	1:2.5
最高蒸煮压力(kPa)	常压	常压	常压	392(4kg/cm²)	392(4kg/cm²)
最高蒸煮温度 (℃)	80～90	80～90	80～90	120	120
保温时间 (时:分)	1:00	0:40	0:20	1:30	1:30
浆张定量 (g/m²)	101	101	105	97.1	97.2
拉力 (kg)	4.95	5.7	4.5	4.43	5.0
裂断长 (m)	3206	3762	2850	3060	3440
耐折度 (次)	189	195	414	75	104

由表4-10-15可见，常压蒸煮比高压蒸煮的浆料耐折度大一倍左右。实验也证明，碱浓为1%温度为80～90℃的条件下，棉纤维的角质层很快被破坏，这就避免了剥皮反应的发生，从而使纤维强度少受损失，也提高了润湿性。但是，这种蒸煮条件对非纤维物质特别是棉籽皮不能完全去除。

3. 蒸煮时间

表4-10-16　　保压时间对破布漂白浆白度的影响

蒸煮保压时间(h)	5	6	7
白度(%)	68.6	69.3	70.0

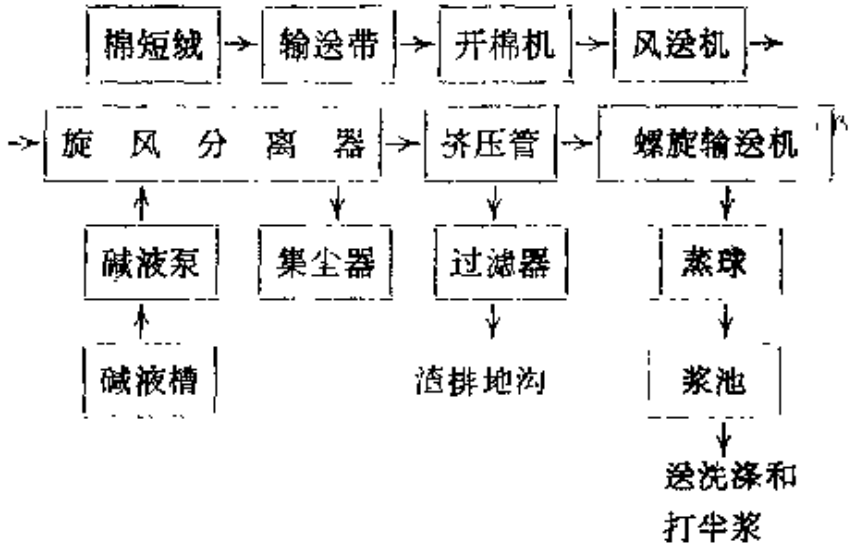
蒸煮条件：石灰用量18%，纯碱用量5%，液比1:5，蒸煮压力490kPa (5kg/cm²)。
漂白条件：漂率（有效氯）15%，浆浓度5%，温度35～38℃，时间3h。

4. 碱液预浸渍

棉短绒的碱液强制渗透预浸渍，就是在装锅前使棉短绒与碱

液充分混合，通过挤压强制纤维吸收碱液，达到均匀渗透、排出空气、缩小棉短绒体积的一种工艺，它使棉短绒的备料与装锅机械化、连续化。

强制渗透预浸渍蒸煮棉短绒的工艺流程：



主要设备特征：

（1）开棉机：大开棉辊转速 575r/min
小开棉辊转速 855r/min
输送带线速 1.26m/min
输送带宽度 1350mm
输棉管直径 Φ500mm

（2）旋风分离器：圆筒直径 Φ2500×1950mm
圆锥高度 2300mm
回风管直径 Φ1250mm

（3）螺旋挤压管 Φ440×3050mm
螺旋转数 178r/min

预浸与不预浸蒸煮参数对比：

由表4-10-17可看出，强制渗透预浸渍具有如下的效果：

（1）纤维和棉籽皮一类的杂质均匀吸收碱液，因此液比由1:4降到1:2～2.5，用碱量由8%降至3%。

表4-10-17　　棉短绒采用预浸与不预浸蒸煮对比

蒸煮方法		预浸蒸煮	不预浸蒸煮
预浸工艺条件	开棉机输送带速度 (m/min)	1.26	—
	碱液温度 (℃)	75～80	—
	浸棉时间 (s)	25	—
	浸棉速度 (kg/s)	1.5～2.0	—
	浸后棉短绒水分 (%)	60～65	—
蒸煮情况	装锅量 (kg/m³)	160	80
	用碱量 (%)	3～5	8～10
	液比	1:2～2.5	1:4
	蒸煮最高压力(kPa)	392～490(4～5kg/cm²)	392～490(4～5kg/cm²)
	装锅时间 (时:分)	0:30～0:40	0:20～0:30
	空转时间 (时:分)	—	0:30
	升温时间 (时:分)	1:30	1:30
	保温时间 (时:分)	1:00	3:30
	放汽时间 (时:分)	0:50～1:10	0:50～1:10
	倒球时间 (时:分)	0:05～0:10	0:10～0:20
	总蒸煮时间 (时:分)	3:55～4:30	6:50～7:20

蒸煮设备：25m³蒸球

（2）原料吸收碱液，排出空气，体积变小，装锅量倍增。

（3）由于碱液被原料均匀吸收，因此，蒸煮质量提高，浆的强度提高，避免了蒸煮浆料夹生引起的难漂和尘埃大等问题。

（4）蒸煮时间缩短。预浸后蒸煮去掉了空转时间半小时，缩短保温时间2.5h。耗汽量下降。

（5）由于蒸煮后的棉块较碎，洗打时间可缩短半小时，洗打效率提高10～20%。

（6）延长了输料泵的寿命，解决了堵泵问题，减少了浆料流失。

（六）蒸煮实例

1. 国内蒸煮条件实例

表4-10-18　　各种新麻及废麻蒸煮实例

原料名称		新苎麻	新大麻	新黄麻	苎麻绳头	大麻绳头	黄麻绳头	黄麻麻袋	青麻绳头	刮皮麻
蒸煮条件及结果	装锅方式	机械	机械	机械	机械	机械	机械	机械	机械	机械
	装锅量（风干kg/m³锅容）	150～160	140	150～160	150～160	140～150	150～160	150～170	170	
	药品用量 烧碱（NaOH%）	5～7	—	3～5	11	—	3～5	1～2	2～3	6
	药品用量 石灰〔Ca(OH)₂%〕	—	16	—	—	15～16	—	—	—	
	药品用量 纯碱（Na_2CO_3%）	—	12	—	—	10	—	—	—	—
	药品用量 亚硫酸钠（Na_2SO_3%）	15～17	—	15～17	—	—	15～16	15	15	16
	药品用量 Na_2S（%）	1.5	—	1.5	—	—	—	—	—	—
	液比	1:2.0	1:2.0	1:2～2.5	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0～2.5	1:2.5	1:2
	蒸煮最高压力(kPa)	490～539	490～539	490～539	539	490～539	539	490～539	490	539
	（kg/cm²）	5～5.5	5～5.5	5～5.5	5.5	5～5.5	5.5	5～5.5	5	5.5
	保温时间（h）	7～9	9～10	7～9	10	6～7	9～10	7～9	7～8	9
	粗浆得率（%）			大于50	大于50	80～85	大于50	65～70	75～80	大于50
	粗浆高锰酸钾值	8～10	14～18	18～22	8～12	4～7	20～22	16～20	16～18	21.9

（六）蒸煮实例

1. 国内蒸煮条件实例

表4-10-18　　各种新麻及废麻蒸煮实例

	原料名称	新苎麻	新大麻	新黄麻	苎麻绳头	大麻绳头	黄麻绳头	黄麻麻袋	青麻绳头	刮皮麻
蒸煮条件及结果	装锅方式	机械	机械	机械	机械	机械	机械	机械	机械	机械
	装锅量（风干kg/m³锅容）	150～160	140	150～160	150～160	140～150	150～160	150～170	170	
	药品用量 烧碱（NaOH%）	5～7	—	3～5	11	—	3～5	1～2	2～3	6
	药品用量 石灰[Ca(OH)₂%]	—	16	—	—	15～16	—	—	—	
	药品用量 纯碱（Na_2CO_3%）	—	12	—	—	10	—	—	—	—
	药品用量 亚硫酸钠（Na_2SO_3%）	15～17	—	15～17	—	—	15～16	15	15	16
	药品用量 Na_2S（%）	1.5	—	1.5	—	—	—	—	—	—
	液比	1:2.0	1:2.0	1:2～2.5	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0～2.5	1:2.5	1:2
	蒸煮最高压力(kPa)	490～539	490～539	490～539	539	490～539	539	490～539	490	539
	（kg/cm²）	5～5.5	5～5.5	5～5.5	5.5	5～5.5	5.5	5～5.5	5	5.5
	保温时间（h）	7～9	9～10	7～9	10	6～7	9～10	7～9	7～8	9
	粗浆得率（%）			大于50	大于50	80～85	大于50	65～70	75～80	大于50
	粗浆高锰酸钾值	8～10	14～18	18～22	8～12	4～7	20～22	16～20	16～18	21.9

续表

	原料名称	新苎麻	新大麻	新黄麻	苎麻绳头	大麻绳头	黄麻绳头	黄麻麻袋	青麻绳头	刮皮麻
蒸煮操作程序及时间	蒸球容积（m³）	14					25			
	装锅（时:分）	0:40					1:00			
	空转（时:分）	0:15					0:15			
	升温（时:分）	0:50					1:00			
	其中小放汽（时:分）	0:05					0:05			
	保温（时:分）	6:00～10:00					6:00～10:00			
	放大汽（时:分）	0:40～1:00					1:00			
	放料（时:分）	0:20					0:30			
	全程（时:分）	8:45～13:05					9:45～13:45			

表4-10-19　　桑皮二级蒸煮实例

	第一级蒸煮	第二级蒸煮
用碱量（%）	2.0%Na_2CO_3	17.5±1%NaOH，4.5%Na_2S
液比	1:3.2～4.0	（浓碱不稀释，直接泵进球内）
蒸煮曲线	0～686kPa(0～7kg/cm²)20～25min 放汽至无压力，20～25min 沥水20～25min	通气 3min 放气 4min 升至98kPa(1kg/cm²)30～40min 686～784kPa(7～8kg/cm²)保压2～3h
总时间	4.0～5.5h	
蒸煮结果	外观无柔梗皮壳，经检查，纤维手拉不产生扭转。粗浆硬度：高锰酸钾值5～7 纤维平均长度：12.1～16mm 漂后浆白度：60～70%（蓝光法），用于制砂纸、电池纸	

蒸煮设备：7.6m³蒸球，装锅量131.5kg/m³（绝干）。

表4-10-20

棉短绒、故棉、破布、鞋帮、鞋底蒸煮

原料名称		棉短绒	故棉	新白布料	新色布料	新色布料（难漂）	破布鞋帮	全鞋鞋底
蒸煮条件及结果	装锅方式	预浸渍	机械	机械	机械		机械	机械
	装锅量(风干公斤/米³)	150～160	130～140	150～170	150～170		180～200	250～280
	药品用量 烧碱（NaOH%）	3～5	5～6	3	—	—	—	—
	药品用量 石灰[$Ca(OH)_2$%]	—	—	—	25	20	13～17	13～17
	药品用量 纯碱(Na_2CO_3%)	—	—	—	5	—	3～6	3～5
	药品用量 漂粉（%）	—	—	—	3	—	—	—
	药品用量 Na_2S（%）	—	—	—	—	6	—	—
	液比	1:2.2～3.0	1:2.5	1:2.5	1:3.5	1:4	1:2～2.5	1:2～2.5
	蒸煮最高压力(kPa)	441～490 (4.5～5.0kg/cm²)	490 (5.0kg/cm²)	490 (5.0kg/cm²)	441 (4.5kg/cm²)	401.8 (4.1kg/cm²)	441 (4.5kg/cm²)	392～490 (4～5kg/cm²)
	保温时间（时:分）	1:30～2:00	2:00～3:00	5:00	6:00	6:00	5:00～8:00	4:00～6:00
	粗浆得率（%）	82～87	80～85	90～95	90～95		80～85	70～76

续表

原料名称		棉短绒		放棉	新白布料	新色布料	新色布料（难漂）	破布鞋帮	全鞋鞋底
	蒸球容积（m^3）	14	25	25	14		25		40
蒸煮操作程序及时间	装锅（时:分）	0:20～0:30	0:40～0:50	1:00	0:50～1:00		1:30～1:40		2:00～2:30
	空转（时:分）			0:15	0:15		0:15		0:15
	升温① （时:分）	1:00	1:30	1:00	0:50		1:00		1:30
	保温（时:分）	1:30～2:00	1:30～2:00	2:00～3:00	4:00～8:00		4:00～8:00		4:00～8:00
	放汽（时:分）	0:40	0:50～1:10	1:00	0:50		1:00		1:30
	放料（时:分）	0:15	0:20	0:30	0:20		0:40		1:00
	全程（时:分）	3:45～4:25	4:50～5:30	5:45～6:45	7:05～11:15		8:25～12:35		10:15～14:45

① 升温时间包括放气5mir。

2. 技术经济指标

漂白麻类、桑皮浆和棉浆生产主要技术经济指标列于表4-10-21和表4-10-22。

表4-10-21　漂白麻类、桑皮浆生产主要技术经济指标

		大麻	亚麻	废麻		桑皮
蒸煮锅	型式	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球
	容积（m^3）	25,40	25,40	14	25,40	8
装锅量（绝干kg/m^3）		160	112	157	152	112
平均蒸煮时间（时:分）		10:00	10:00	10:00	8:00	4:30
纸浆得率（%）	粗浆	63	63	71.8	65	24
	细浆	85.4	74.6	88	88	
漂白损失率（%）		10	10	7.9	10	2.3①
成浆率（%）		48.4	42.3	58.3	51.5	18.34
每吨纸浆消耗	纤维原料（kg）	2066	2364	1994	1942	5453
	烧碱（kg）	222	99	291	275	410
	硫化碱（kg）	97	—	11	20	—
	亚硫酸钠（kg）	—	649	245	2	—
	蒽醌（kg）	1.0	1.0	—	0.9	—
	氯（kg）	22	26	109.8	141	64
	标准煤（kg）	393	607	1100	479	3754
	电（kW.h）	1895	1997	1114	1016	1284
浆料用途		卷烟纸	卷烟纸	卷烟纸	卷烟纸	纱纸

① 该项漂白损失率已包括筛选损失率在内

表4-10-22　　漂白棉浆生产主要技术经济指标

		棉短绒	废棉			新碎布	破布	鞋布	鞋底
蒸煮锅	型式	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球
	容积(m^3)	25	25	25	14	40	25	40	25
装锅量（绝干kg/m^3）		129	100	120	115	—	192	225	220
平均蒸煮时间（时:分）		4:00	7:00	9:30	6:30	19:00	12:00	9:00	12:00
纸浆得率（%）	粗浆	—	58	72	84	80	73	80	—
	细浆	—	91	88.5	87.7	73	82	92.6	—
漂白损失率（%）		—	12	5	5	4	7	5	8
成浆率（%）		69	46.5	60.5	70	56	55.7	70.4	44.8
每吨纸浆消耗	纤维原料(kg)	1449	2150	1652	1436	1786	1795	1420	2232
	烧碱(kg)	48	247	170	128	10.3	40.5	157	—
	纯碱(kg)	—	—	—	—	77	100	—	103
	石灰(kg)	—	—	—	75	279	276	—	405
	氯(kg)	43	45	30	25	75	29	62.8	61
	标准煤(kg)	239	—	465	687	391	500	—	503
	电（kW·h）	697	—	1005	1542	1215	1104	964	952

3. 国外蒸煮条件实例

表4-10-23

原料种类	装锅量(kg/m^3)	用碱量（%）			液比	最高压力(kPa)	保温时间(h)	得率(%)
		烧碱	石灰	纯碱				
大麻	—	1.5	15	—	—	294 (3kg/cm^2)	7	—
黄麻	—	—	8～15	—	—	196 (2.1kg/cm^2)	8～12	60～65
亚麻	—	10.5	—	—	—	490 (5kg/cm^2)	3	—
新白麻线	—	2	—	—	1:2～3	117 (1.2kg/cm^2)	6	—
麻破布	—	—	8.5	—	—	294 (3kg/cm^2)	7	—
白剪口布	140～160	—	6	—	1:2～3	196～274 (2～2.8kg/cm^2)	10～12	—
色剪口布	140～160	—	10～12	3～4	1:2～3	196～274 (2～2.8kg/cm^2)	约15	—
新色布	—	1.5	5	—	—	294～343 (3～3.5kg/cm^2)	5	—
新布料	—	3～6	—	—	—	245～294 (2.5～3.0kg/cm^2)	8～9	—
白色破布	140～160	—	6	0.5	1:2～3	176 (1.8kg/cm^2)	12	—
色破布	140～160	—	12	1.5	1:2～3	176～196 (1.8～2kg/cm^2)	12～15	70～72

3. 国外蒸煮条件实例

表4-10-23

原料种类	装锅量 (kg/m³)	用碱量（%）			液比	最高压力 (kPa)	保温时间(h)	得率 (%)
		烧碱	石灰	纯碱				
大麻	—	1.5	15	—	—	294 (3kg/cm²)	7	—
黄麻	—	—	8～15	—	—	196 (2.1kg/cm²)	8～12	60～65
亚麻	—	10.5	—	—	—	490 (5kg/cm²)	8	—
新白麻线	—	2	—	—	1:2～3	117 (1.2kg/cm²)	6	—
麻破布	—	—	8.5	—	—	294 (3kg/cm²)	7	—
白剪口布	140～160	—	6	—	1:2～3	196～274 (2～2.8kg/cm²)	10～12	—
色剪口布	140～160	—	10～12	3～4	1:2～3	196～274 (2～2.8kg/cm²)	约15	—
新色布	—	1.5	5	—	—	294～343 (3～3.5kg/cm²)	5	—
新布料	—	3～6	—	—	—	245～294 (2.5～3.0kg/cm²)	8～9	—
白色破布	140～160	—	8	0.5	1:2～3	176 (1.8kg/cm²)	12	—
色破布	140～160	—	12	1.5	1:2～3	176～196 (1.8～2kg/cm²)	12～15	70～72

二、龙须草制浆

（一）概　　述

龙须草，俗名蓑草或羊须子草，学名*Eulaliopsis binata*。属禾本科多年生草本植物，是优质的草本制浆原料之一，可采取人工培植建立基地的办法予以发展。

龙须草的优点是：草长无节，杂细胞含量较稻麦草、荻、苇、蔗渣低，仅为29.5%，纤维细长柔软，蒸煮简单，漂白容易，得率高，成纸具有良好的物理性能。它不仅能代替木浆、竹浆制一般纸张，并适合制高级印刷纸及其它高级薄纸。

（二）蒸煮对原料质量的要求

一般要求尽量做到纯净干爽，无杂草、地衣、白头，无泥沙、不潮湿霉烂，并按草的质量优劣情况分别贮存使用。

（三）浆料的特征和用途

1. 漂白龙须草浆的特征举例

白度（蓝光法）	84%
尘埃度，在300g/m²浆样中，	
0.25～2.0mm黑色尘埃	不多于48个
大于2.0mm的黄黑点	无
纤维平均长度	1.76mm
纤维平均宽度	9.4um
原浆打浆度	23°SR
α-纤维素	83.5%
铜价	0.4

粘度　　0.0402Pa·s(40.2cP)

2. 龙须草浆的用途

国内已有三十多个厂用龙须草制浆造纸。用100%龙须草浆或与其它浆料以不同配比生产的纸种有复写原纸、拷贝纸、打字纸、书写纸、书皮纸、地图纸、晒图原纸、胶版印刷纸、凸版纸、卷烟纸、纸袋纸、炸药卷纸、防潮原纸、糖果包装纸、香烟滤嘴纸、卫生纸、有光纸等。

（四）制浆工艺流程

龙须草的制浆流程与稻麦草近似，但应注意加强备料除尘和生产过程中除砂（因龙须草叶子卷曲易包裹砂土）。

（五）不同蒸煮方法的比较

表4-10-24　　龙须草不同蒸煮方法的比较

蒸煮方法	烧碱法	硫酸盐法	中性亚硫酸盐法
NaOH（%）	13	9	—
Na_2S（%）	—	8	—
Na_2CO_3（%）	—	—	2
Na_2SO_3（%）	—	—	7
硫化度（%）	—	25	—
液比	1:2.4	1:2.4	1:2.4
蒸煮最高压力（kg/cm^2）	5.25	5.25	5.25
升温时间(103～206kPa即1.05～2.1 kg/cm^2)	3:00	3.00	3:00
升温至515kPa(5.25kg/cm^2)	4:00	4:00	4:00
保温时间（时:分）	0:30	0:30	0:30
粗浆得率（%）	49.2	53.2	62.63
漂率（%）	3	2.13	3.2
漂浆得率（%）	42.34	47.9	54.88
漂浆白度（%）	75	75	75

（六）影响蒸煮的因素

1. 原料品种

不同产地的龙须草，其化学组成及蒸煮结果不同，见表4-10-25。

表4-10-25　　不同产地龙须草的化学组成

产　　地	鄂　西	鄂西北	陕　西	四　川	贵　州
灰分（%）	5.20	4.03	5.87	4.96	4.5
冷水抽出物（%）	6.13	6.22	8.91	8.05	11.2
热水抽出物（%）	9.61	10.13	14.55	9.26	14.8
1%NaOH抽出物(%)	37.8	37.43	41.59	41.8	43.9
苯醇抽出物（%）	2.73	3.0	3.65	3.59	4.91
纤维素（%）	48.8	45.9	43.78	40.6	40.0
聚戊糖（%）	22.1	25.92	20.88	22.6	20.9
木素（%）	11.9	11.59	10.32	15.6	13.0

龙须草的纤维素含量，一般较芦苇、稻草为高，与甘蔗渣相近，而木素含量较低。

2. 用碱量

试验结果表明，用硫酸盐法蒸煮龙须草浆在固定硫化度及液比的情况下，用碱量以9～13%较为适宜。

3. 硫化度

表4-10-26　　硫酸盐法蒸煮龙须草不同用碱量的蒸煮结果（硫化度25%，液比1:3）

用碱量（%）	7	9	11	13	15
蒸煮液浓度（g/l）	23.4	30.0	36.7	43.4	50.0
粗浆得率（%）	62.0	57.7	56.71	56.26	55.23
硬度（贝克曼价）	112.2	86.3	67.0	58.0	46.0
残碱（g/l）	0.56	0.80	1.64	3.34	3.36
耗氯率（%）	11.41	5.29	3.30	2.75	2.14
打浆度（°SR）	71	71	71	71	71
定量（g/m²）	36.0	38.0	35.5	39.5	38.5
紧度（g/cm³）	0.62	0.66	0.63	0.74	0.70
裂断长（m）	4840	4940	5771	5210	5100
撕裂度（mN）	227 (23.2g)	278 (28.4g)	253 (25.8g)	233 (23.8g)	208 (21.2g)
耐破度（kPa）	108.8 (1.11kg/cm²)	120.5 (1.23kg/cm²)	117.6 (1.20kg/cm²)	98 (1.00kg/cm²)	111.7 (1.14kg/cm²)
耐折度（次）	68	137	175	89	125

表4-10-27　　不同硫化度蒸煮的结果（用碱量11%）

硫化度（%）		10	20	25	34
蒸煮结果	粗浆得率（%）	54.80	56.02	56.30	58.72
	硬度（贝克曼价）	61	65.5	68.7	80.8
	耗氯率（%）	3.02	3.20	3.30	4.65
浆张物理强度	打浆度（°SR）	71	71	71	71
	定量（g/m^2）	31.5	36.5	35.5	35.5
	紧度（g/cm^3）	0.62	0.63	0.63	0.60
	裂断长（m）	5518	5430	5810	4860
	撕裂度（mN）	220.5 (22.5g)	245 (25.0g)	252.8 (25.8g)	297.9 (30.4g)
	耐破度（kPa）	112.7 (1.15kg/cm^2)	143.1 (1.46kg/cm^2)	117.6 (1.20kg/cm^2)	120.6 (1.23kg/cm^2)
	耐折度（次）	154	191	176	121

从上表看出，在一定用碱量时，硫化度在10～25%范围内，随硫化度的增加，浆的得率和强度都上升，浆的硬度和耗氯量也有所增加，而硫化度增至34%时，浆的硬度和耗氯量均显著增高，对强度却没有多少收益。在实际生产中，硫化度可在10～25%范围内任意选择。

表4-10-27　不同硫化度蒸煮的结果（用碱量11%）

	硫化度（%）	10	20	25	34
蒸煮结果	粗浆得率（%）	54.80	56.02	56.30	58.72
	硬度（贝克曼价）	61	65.5	68.7	80.8
	耗氯率（%）	3.02	3.20	3.30	4.65
浆张物理强度	打浆度（°SR）	71	71	71	71
	定量（g/m²）	31.5	36.5	35.5	35.5
	紧度（g/cm³）	0.62	0.63	0.63	0.60
	裂断长（m）	5518	5430	5810	4860
	撕裂度（mN）	220.5 (22.5g)	245 (25.0g)	252.8 (25.8g)	297.9 (30.4g)
	耐破度（kPa）	112.7 (1.15kg/cm²)	143.1 (1.46kg/cm²)	117.6 (1.20kg/cm²)	120.5 (1.23kg/cm²)
	耐折度（次）	154	191	175	121

从上表看出，在一定用碱量时，硫化度在10～25%范围内，随硫化度的增加，浆的得率和强度都上升，浆的硬度和耗氯量也有所增加，而硫化度增至34%时，浆的硬度和耗氯量均显著增高，对强度却没有多少收益。在实际生产中，硫化度可在10～25%范围内任意选择。

4. 蒸煮压力与时间

表4-10-28　不同蒸煮压力与时间蒸煮龙须草的比较

		低压蒸煮	高压快速蒸煮
	蒸煮压力（kg/cm²）	0.7	0.7
	时间（时:分）	1:00	1:00
	蒸煮压力(kg/cm²)	1.75	5.6
	时间（时:分）	2:30	0:30
	粗浆得率(%)	60.18	58.31
	硬度（贝克曼价）	69.5	70.0
	耗氯率（%）	3.4	3.34
浆张物理强度	打浆度（°SR）	71	71
	定量（g/m²）	42.5	36.5
	紧度（g/cm³）	0.61	0.61
	裂断长（m）	6600	6350
	撕裂度（mN）	290 (29.6g)	266.6 (27.2g)
	耐破度（kPa）	164.6 (1.68kg/cm²)	126.4 (1.29kg/cm²)
	耐折度（次）	185	142

蒸煮的其它条件：用碱量10%，硫化度10%，液比1:2。

由上表看出，在用碱量、硫化度等固定的条件下，在蒸煮硬度相近的纸浆、采用较低压力较长时间蒸煮，同采用高温短时间蒸煮相比较，前者虽耗时较长，但粗浆得率和浆张强度都较高。然而在生产上为了提高设备利用率，往往采用高温蒸煮。

（七）蒸煮实例

1. 龙须草蒸煮

表4-10-29列出龙须草蒸煮的几个实例。

2. 技术经济指标

表4-10-30为几个工厂生产漂白龙须草浆的主要技术经济指标。

表4-10-29　　龙须草蒸煮工艺条件实例

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ		Ⅴ
蒸煮方法	硫酸盐法	硫酸盐法	硫酸盐法	硫酸盐法	烧碱-AQ法	烧碱-AQ法
蒸球容积（m^3）	25	8	40	14		14
装锅量（风干kg/m^3）	160	137.5	125	178.5		148.5
装锅方法	人工	人工	人工	人工		人工
用碱量（%）		12～14	12		12.5	13
其中，NaOH(%)	9			11		
Na_2S(%)	2			2		
硫化度（%）	18.6	10	10	15.7	—	—
蒽醌添加量（%）	—	—	—		0.05	0.08
液比	1:2.5	1:2.3	1:2.4	1:2.6	1:2.6	1:2.0～2.8
装料（时:分）	—	—	0:30	—		0:30
空转（时:分）	0:20	—	—	—		0:30

续表

			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
升温	一段升温	压力 (kPa)	0→392	0→245	0→490	—	0→392
		(kg/cm²)	0→4	0→2.5	0→5.0	—	0→4.0
		时间 (时:分)	0:30	0:15～0:20		—	0:30
	小放汽	时间 (时:分)	—	—	0:15	—	0:10
		压力 (kPa)	—	245→0	490→98	—	392→0
		(kg/cm²)	—	2.5→0	5.0→1.0	—	4.0→0
温	小保温	压力 (kPa)	392	245		—	—
		(kg/cm²)	4	2.5	(进碱液0:15)	—	—
		时间 (时:分)	1:30	1:20～1:30		—	—
	二段升温	压力 (kPa)	392→588	245→637	490→98→637	—	0→637
		(kg/cm²)	4→6	2.5→6.5	5.0→1.0→6.5	—	0→6.5
		时间 (时:分)	1:30	—	0:15	—	2:00

续表

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
最高压力 (kPa)	588	637	637	686	637
(kg/cm²)	6.0	6.5	6.5	7.0	6.5
保温时间 (时:分)	4:00～4:30	2:30	3:00	4:00	1:00
放 料 (时:分)	—	0:40	0:15	0:50	0:50
蒸煮总时间 (时:分)	—	6:00	4:30	—	5:30
高锰酸钾值	5～7	7～9	5～8	6～8	7～10
粗浆得率 (%)	52	46～50	48	50	50
黑液残碱 (g/l)	—	—	2～5	—	2.5～4
浆料用途	胶版印刷纸、打字纸、复写原纸	拷贝纸、打字纸	地图纸、胶版印刷纸、书写纸、书皮纸、晒图原纸	打字纸、复写原纸	打字纸、卷烟纸

表4-10-30　　漂白龙须草浆生产主要技术经济指标

		烧碱法		烧碱法	硫酸盐法	亚硫酸钠法
	型式	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球
蒸煮锅	容积 (m³)	25	42	40	40	40
装锅量 (绝干kg/m³)		141.21	163	112	138	
平均蒸煮时间 (时:分)		6:49	5:33	4:00	4:44	
纸浆得率 (%)	粗浆	51.17	49	46.14	45	
	细浆	94.08	80.6	84	—	
漂白损失率 (%)		7.09	—	11	9.1①	
成浆率 (%)		44.72	39.5	38.76	40.9	
纤维原料 (kg)		2236	2532	2581	2446	
烧碱 (kg)		315	302	236	241	
硫化碱 (kg)		0	0	33	0	
亚硫酸钠(kg)		0	0	0	141	
氯(kg)		28	98	94	56	
标准煤(kg)		371	—	688	608	
电 (kW·h)		311	—	360	738	

① 该项漂白损失率已包括筛选损失在内。

三、棉秆制浆

(一) 概　述

我国棉秆产量丰富，据估算每亩棉花可产棉秆100～150kg。我国很早就开始研究用棉秆造纸，试制一般文化用纸如单面胶版纸、书写纸及纸袋纸、绝缘纸、电话纸；农业用的育苗纸、青贮纸和纸板等。

表4-10-30　　漂白龙须草浆生产主要技术经济指标

		烧碱法	烧碱法	硫酸盐法	碱性亚硫酸钠法
蒸煮锅	型式	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球
	容积（m^3）	25	42	40	40
装锅量（绝干kg/m^3）		141.21	163	112	138
平均蒸煮时间（时:分）		6:49	5:33	4:00	4:44
纸浆得率（%）	粗浆	51.17	49	46.14	45
	细浆	94.08	80.6	84	—
漂白损失率（%）		7.09	—	11	9.1①
成浆率（%）		44.72	39.5	38.76	40.9
纤维原料（kg）		2236	2532	2581	2446
烧碱（kg）		315	302	236	241
硫化碱（kg）		0	0	33	0
亚硫酸钠(kg)		0	0	0	141
氯(kg)		28	98	94	56
标准煤(kg)		371	—	688	608
电（kW·h）		311	—	360	738

① 该项漂白损失率已包括筛选损失在内。

三、棉杆制浆

（一）概　　述

我国棉秆产量丰富，据估算每亩棉花可产棉秆 100～150kg。我国很早就开始研究用棉秆造纸，试制一般文化用纸如单面胶版纸、书写纸及纸袋纸、绝缘纸、电话纸；农业用的育苗纸、青贮纸和纸板等。

（二）蒸煮对原料质量的要求

（1）主棉花秆，不带枝丫，不许带棉桃和铃壳等杂质。

（2）全棉花秆，有枝丫，不许带棉桃和铃壳等杂质。

（3）棉花秆皮，不带泥、石块、铁质等杂质。

（4）棉秆原料果胶质较多，进厂后要贮存半年以后再使用。

（5）棉秆要经切断、破碎等备料处理，这是棉秆制浆的关键，有利于碱液渗透，节约用碱，减少粗渣和纤维束。

（三）浆料的特征和用途

棉秆纤维的长短和结构类似阔叶木，纤维平均长度仅1.1mm，棉秆皮纤维较长，达1.8～3.0mm。若皮部单独制浆，可获得高强度的浆料。通常使用全棉秆硫酸盐法制本色浆，生产仿纸袋纸及一般包装纸。设备要选择切断小的磨浆设备。

棉秆浆漂白较困难，单段漂的白度只达70%左右，仅适宜生产普通文化用纸。

（四）蒸煮实例

见表3-10-31。

（五）添加蒽醌代替Na_2S蒸煮

用0.05%蒽醌代替Na_2S蒸煮棉秆，能获得质量与硫酸盐法相似的本色棉秆浆，而且浆渣减少，得率提高。生产试验结果列于表4-10-32。

表4-10-31

全棉秆碱法蒸煮实例

	漂白浆		本色浆			
蒸煮器型式	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球	蒸球
装球量（绝干kg/m³）				135.7	150	140
用碱量（Na_2O%）	19～21		10～18	13～14		14～15
其中NaOH（%）	24～27	12.7			13	
Na_2S（%）		3.0		3.0	3.0	
Na_2SO_3（%）		2.0				
硫化度(%)			12.8～23.2	20～25	20～25	30
液比	1:7	1:2	1:7	1:2.8	1:2.2	1:2.2～2.8
蒸煮最高温度（℃）	165～170		160	—	—	—
蒸煮最高压力（kg/cm²）		490(5kg/cm²)		588(6kg/cm²)	588(6kg/cm²)	588(6kg/cm²)
升温时间（时:分）	3:00	6:00	2:00～3:00	6:00	6:10	5:30
保温时间（时:分）	2:00		0:30			
粗浆高锰酸钾值	12.9～13.4	10～12	36.1～18.3	28～30	28～32	26～30
漂率（有效氯%）	3.8～4.0	6～10	—	—	—	—
漂后浆白度（%）	60～65	75	—	—	—	—
浆料用途	书写纸	邮封纸	仿纸		袋纸	

表4-10-52　　烧碱-蒽醌法与硫酸盐法蒸煮金棉秆①对比

		烧　碱　法	硫酸盐法	烧碱法-蒽醌	烧碱法-蒽醌
② 蒸煮条件	用碱量（NaOH）（%）	18	16；12.5；13.5	14	15
	硫化度（%）	--		—	—
	蒽醌添加量（%）	—	—	0.05③	0.05④
	液比	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5
	蒸煮低压压力（kPa）	441(4.5kg/cm²)	441(4.5kg/cm²)	441(4.5kg/cm²)	441(4.5kg/cm²)
	低压保温时间（h）	2:00	2:00	2:00	2:00
	蒸煮最高压力（kPa）	588(6.0kg/cm²)	588(6.0kg/cm²)	588(6.0kg/cm²)	588(6.0kg/cm²)
	高压保温时间（h）	1:00～2:00	1:00～2:00	1:00～2:00	1:00～2:00
蒸煮结果	残碱（g/l）	25	23	23.5	29.1
	粗浆显微镜检查情况	纤维很透明	纤维较透明	纤维透明	纤维较透明
	粗浆得率（%）	28	30	33.8	33.0
	粗渣情况	较多	较少	很少	少
	浆张强度(拉力kg)纵向	6.2	6.5	6.8	6.7
	横向	2.7	2.9	3.1	3.0

① 原料：新棉秆。

② 蒸煮设备：40m³蒸球，装锅量150kg/m³。

③ 蒽醌含量为96～98%。

④ 蒽醌含量为60%。

四、高粱秆制浆

（一）蒸煮对原料质量的要求

（1）投产的原料最好存放一年左右。

（2）蒸煮用原料水分，一般在12～15%。

（3）切断长度 20～25mm，切片合格要求在85%以上。

（4）料片除尘务净。

（二）影响蒸煮的因素

1. 用碱量

表4-10-33　　不同用碱量对高粱秆蒸煮的影响

用碱量（%）		高锰酸	黑液残碱	粗浆率	粗浆得率	浆料白度	裂断长	耐折度
NaOH	Na_2S	钾　值	(g/l)	(%)	(%)	(%)	(m)	(次)
15	2	6.8	11.2	5.2	46.5	53.5	1900	2
13	2	7.2	10.4	6.0	49.8	56	3125	4
12	2	7.7	8.2	5.2	5.2	54.4	—	—
11	2	8.4	7.5	6.1	54	68	3670	7
10	2	9.4	6.0	7.2	54.3	67.1	—	—

蒸煮条件：装球量128kg/m³（绝干），液比1:3；
最高蒸煮压力588kPa(6kg/cm²)，空转10min，升温1.5h，保温3.5h，
全压喷放。漂率（有效氯）3%。

2.液比

表4-10-34　　不同液比蒸煮高粱秆的结果

液比	高锰酸钾值	黑液残碱 (g/l)	褐渣率 (%)	粗浆得率 (%)	白度 (%)	裂断长 (m)	耐折度 (次)
1:2.8	8.0	13	8.8	44	58.4	1900	2
1:3.0	6.8	11.2	5.2	44	60.0	—	—
1:3.2	6.6	10.4	5.0	46.5	63.5	2346	4
1:3.4	10.4	13.6	12.0	49	62	—	—

蒸煮条件：用碱量15% NaOH，2% Na_2S，其余与表4-10-33同。

由上表可知：在一定用碱量情况下，液比对蒸煮均匀性影响较大，以1:3.2较适宜。

(三) 蒸煮实例

1. 高粱秆硫酸盐法蒸煮实例

蒸煮原料		杂交高粱秆
蒸煮器型式		蒸球
装锅量(绝干kg/m^3锅容)		128
用碱量	(%)	13
其中：NaOH	(%)	11
Na_2S	(%)	2
硫化度	(%)	15.7
液比		1:3.2
蒸煮最高压力	(kPa)	588(6kg/cm^2)
升温时间	(时:分)	2:00
		(小放汽0:10)
保温时间	(时:分)	1:30
放料方式		全压喷放
蒸煮浆高锰酸钾值		7～9

黑液残碱	(g/l)	6～8
粗渣率	(%)	＜6
漂率(有效氯)	(%)	2.8～3.0
白度(蓝光法)	(%)	70
浆料用途		凸版纸、书写纸等

2. 技术经济指标

见表4-10-35。

表4-10-35　　漂白高粱秆浆生产主要技术经济指标

		烧碱法	碱性亚硫酸钠法	
蒸煮锅	型式	蒸球	蒸球	蒸球
	容积(m^3)	40	25	40
装锅量(绝干kg/m^3)		134.4	143.8	125
平均蒸煮时间(时:分)		5:30	4:57	7:00
纸浆得率(%)	粗浆	40.8	53.84	44.98
	细浆	94.7	75.91	95
漂白损失率(%)		3.7	6	10
成浆率(%)		37.2	38.01	38.46
每吨纸浆消耗	纤维原料(kg)	2689	2620	2600
	烧碱(kg)	352	224	175
	硫化碱(kg)	—	—	11
	亚硫酸钠(kg)	—	85	128
	氯(kg)	78.8	76	114
	标准煤(kg)	458	326	713
	电(kW·h)	435	240	391

五、芦竹制浆

（一）概　　述

芦竹又名荻芦竹、冬密草，属禾本科。其学名为*Arundo donax*。

芦竹广布于热带及亚热带地区，早为欧洲人作为造纸原料。芦竹的特点是生长快，产量高。一般高度为3.5～5.5m，最高达6.5～7.0m，一般直径为1～3cm，最大直径可达4cm。多长于阴山区、河岸或溪边，原是野生植物，近由人工播种，系多年生的丛生草本植物，对土壤气候的适应性较强，酸性或碱性土壤均可生长(但盐碱性不宜太高)，是具有发展前途的制浆造纸原料之一。芦竹的全身各部如花穗、叶、杆、根等均有各种用途，经济价值也很高。

用碱法或硫酸盐法生产的芦竹浆，得率低、用碱量大、强度较低、成本高。最近对芦竹用碱性亚硫酸钠法制浆的试验，制出得率高、白度高、强度好的化学浆，适合于生产印刷纸和书写纸。

芦竹原料的特点：

（1）芦竹化学组成，突出的是水抽出物和1%NaOH抽出物高，尤其冷水与热水抽出物含量高，两者十分接近，说明其淀粉、果胶等含量不少，且木素也较高，由此可知其耗碱量高、得率低。

（2）纤维中杂细胞较多，竟占61.5%，短小纤维多，生产过程中流失大，得率低，纸浆强度较低。

（3）芦竹中叶部含纤维素低，水抽出物及1%NaOH抽出物含量高，灰分含量高，在备料中应尽量除去。

表4-10-36　　芦竹不同方法蒸煮试验

	烧碱法		硫酸盐法		碱性亚硫酸钠法			
	小型先经热水预处理	中型蒸煮	小型先经热水预处理	小型未经热水预处理	小型蒸煮	中型蒸煮	中型蒸煮	中型经热水预处理
总碱（以NaOH计）（%）	19	23	19	22	18.4	20	16.03	14.7
NaOH用量（以NaOH计）（%）	19	23				3.5	2.06	2.0
硫化度（%）	—	—	20	20	—	—	—	—
Na_2SO_3用量（以Na_2SO_3计）(%)	—	—	—	—		26	22	20
Na_2SO_3对总碱百分比（以Na_2O计）（%）	—	—	—	—	82.7	81.7	87	86.3
液比	1:5	1:3.5	1:5	1:5	1:5	1:2.5	1:2.0	1:2.0
升温时间（时:分）	2:00	1:20	2:00			2:30	2:30	2:30
其中：低温保温时间（时:分）	120℃		130℃	130℃	130℃		130℃	130℃
	2:00		2:00	2:00	2:00		1:30	1:30
最高蒸煮压力（kPa）	—	637	—	—	—	637	637	637
		(6.5kg/cm²)				(6.5kg/cm²)	(6.5kg/cm²)	(6.5kg/cm²)
最高蒸煮温度（℃）	150	—	150	150	160	—	—	—
保温时间（时:分）	2:30	3:30	2:30	2:30	2:30	2:30	2:30	2:30

续表

	烧碱法		硫酸盐法		碱性亚硫酸钠法			
	小型先经热水预处理	中型蒸煮	小型先经热水预处理	小型未经热水预处理	小型蒸煮	中型蒸煮	中型蒸煮	中型经热水预处理
黑液pH值（10℃时）	—	—	—	—	8.8	9.68	9.42	9.42
黑液中残碱（NaOH计）（g/l）	9.8	8.0	10.86	11.81	—	—	—	—
黑液中残碱（Na_2SO_3计）(g/l)	—	—	—	—	9.77	4.25	4.11	5.05
粗浆得率（%）	39.41	39.44	42.6	43.6	54.94	54.64	59.38	60.35
粗浆高锰酸钾值	20.66	16.20	12.45	13.21	16.14	18.80	19.70	22.40
浆中聚戊糖含量（%）	19.36	17.70	17.17	19.9	22.22	19.4	23.10	26.50
未漂浆白度	26.25	30.0	31.0	25.5	44.8	44.0	38.4	39.0
漂率7%时浆的白度	46.8	61.0	64.0	61.2	—	64.9	64.4	64.2
吨浆碱耗（kg/t）	482.0	583	449	505	336.7	366	284	243

蒸煮原料：贮存10个月左右的天然脱青芦竹。

蒸煮设备：小型15l电热旋转蒸煮锅。

中型0.525m³回转蒸球。

苯酚副产品亚硫酸钠内含NaOH2～3%，$Na_2SO_3$67～70%左右。

热水预处理条件：液比1:5，温度130℃，时间2:00。

五、芦竹制浆

（一）概　　述

芦竹又名荻芦竹、冬密草，属禾本科。其学名为*Arundo donax*。

芦竹广布于热带及亚热带地区，早为欧洲人作为造纸原料。芦竹的特点是生长快，产量高。一般高度为3.5～5.5m，最高达6.5～7.0m，一般直径为1～3cm，最大直径可达4cm。多长于阴山区、河岸或溪边，原是野生植物，近由人工播种，系多年生的丛生草本植物，对土壤气候的适应性较强，酸性或碱性土壤均可生长(但盐碱性不宜太高)，是具有发展前途的制浆造纸原料之一。芦竹的全身各部如花穗、叶、杆、根等均有各种用途，经济价值也很高。

用碱法或硫酸盐法生产的芦竹浆，得率低、用碱量大、强度较低、成本高。最近对芦竹用碱性亚硫酸钠法制浆的试验，制出得率高、白度高、强度好的化学浆，适合于生产印刷纸和书写纸。

芦竹原料的特点：

（1）芦竹化学组成，突出的是水抽出物和1%NaOH抽出物高，尤其冷水与热水抽出物含量高，两者十分接近，说明其淀粉、果胶等含量不少，且木素也较高，由此可知其耗碱量高、得率低。

（2）纤维中杂细胞较多，竟占61.5%，短小纤维多，生产过程中流失大，得率低，纸浆强度较低。

（3）芦竹中叶部含纤维素低，水抽出物及1%NaOH抽出物含量高，灰分含量高，在备料中应尽量除去。

（二）芦竹浆的特性及用途

据小型和大生产试验表明，碱法或硫酸盐法芦竹浆和其它草类纤维浆比较，具有以下特点。

（1）滤水快，有利于洗涤，易漂，易打浆，湿抄性能较好，减轻了网部和压榨部的负担。

（2）粘石辊较轻，比麦草浆还要轻一些，刮刀屑中绝大多数是未经打浆的杂细胞。

（3）纸页易干燥，纸张具有平整、松厚、细腻等特点，平滑度、匀度、印刷性能较好，基本上可以据产品品种的要求代替其它草类纤维浆抄纸。

（4）芦竹浆成纸不透明度较低，且湿强度和干强度都较其它草类浆（麦草、荻、苇浆）低。

（5）芦竹浆黑液中无机物含量大，粘度较一般草浆为低，固形物发热量亦低，黑液总固形物的含硅量仅为0.37%，排除了黑液碱回收的硅干扰。从试验中得知，芦竹黑液碱回收优于荻浆黑液。

（6）漂白硫酸盐芦竹浆适宜于抄凸版纸、胶版纸等文化用纸，还可与化学木浆掺配抄打字纸、卷烟纸等。

（三）不同制浆方法的比较

见表4-10-36。

表4-10-36　　芦竹不同方法蒸煮试验

	烧碱法		硫酸盐法		碱性亚硫酸钠法			
	小型先经热水预处理	中型蒸煮	小型先经热水预处理	小型未经热水预处理	小型蒸煮	中型蒸煮	中型蒸煮	中型经热水预处理
总碱（以NaOH计）（%）	19	23	19	22	18.1	20	16.03	14.7
NaOH用量（以NaOH计）（%）	19	23				3.5	2.06	2.0
硫化度（%）	—	—	20	20	—	—	—	—
Na_2SO_3用量（以Na_2SO_3计）(%)	—	—	—	—		26	22	20
Na_2SO_3对总碱百分比（以Na_2O计）（%）	—	—	—	—	82.7	81.7	87	86.3
液比	1:5	1:3.5	1:5	1:5	1:5	1:2.5	1:2.0	1:2.0
升温时间（时:分）	2:00	1:20	2:00			2:30	2:30	2:30
其中：低温保温时间（时:分）	120℃		130℃	130℃	130℃		130℃	130℃
	2:00		2:00	2:00	2:00		1:30	1:30
最高蒸煮压力（kPa）	—	637	—	—	—	637	637	637
		(6.5kg/cm²)				(6.5kg/cm²)	(6.5kg/cm²)	(6.5kg/cm²)
最高蒸煮温度（℃）	160	—	150	150	160	—	—	—
保温时间（时:分）	2:30	3:30	2:30	2:30	2:30	2:30	2:30	2:30

六、田菁制浆

（一）概　述

田菁系一年生草本植物，属豆科、蝶花亚科。学名是*Sesbania Cannabina(Retz)pers,Saculeata pers*. 又名咸青、咸子等。是新开辟的一种造纸原料。

田菁原作为绿肥而种植，它对气候及土壤适应性比较强，对新围垦的海涂，种植田菁能加速脱盐，起到改良土壤的作用。在我国东南沿海一带种植较多。

七十年代初，山东、天津等地首先对田菁制浆造纸特性进行了研究，发现它是一种较好的造纸原料。随后即作为生产原料使用，制造文化用纸及卷烟纸等。

（二）蒸煮对原料的质量要求

制浆是利用田菁的茎秆部分。其茎秆组织可分为皮、杆、芯三部分，各部分的重量百分比如下：

	重量百分比	组　　织
皮部	18.95	韧皮纤维
杆部	79.37	木质部，纤维形态与阔叶木相似
芯部	1.68	髓组织，主要是薄壁细胞，但无内膜

田菁收割后，应存放半年至一年才适于投产。

投产的原料须符合如下的质量要求：

（1）除去根部，茎秆近根部要压劈。

（2）荚含量占原料量的6%以下。

（3）切断长度25～35mm，合格率80%以上。

（三）浆料的特征和用途

硫酸盐田菁浆纤维较短而细，较均整。形态是两头尖、中部宽，呈纺锤状。细胞壁薄、壁腔比小。与多数草类浆比较，杂细胞含量少，半纤维素含量也较低。浆的漂白性能较好，采用CEH三段漂白，可获得白度为80%的浆料。由于田菁浆具有上述的特点，因此它适合于生产文化用纸，并且有用以代替阔叶木浆生产胶版印刷纸，代替竹壳浆生产卷烟纸。

田菁浆的化学特征见表4-10-37。

表4-10-37　　田菁浆的化学特征

	未漂浆硬度（高锰酸钾值）	白　度（%）	聚合度（铜氨粘度法）	化　学　组　成			
				α-纤维素（%）	聚戊糖（%）	木　素（%）	灰　分（%）
未漂田菁浆	14	—	1330	—	16.78	1.32	3.21
漂白田菁浆	14	79	506	69.86	15.83	0.10	1.85

（四）影响蒸煮的因素

1. 用碱量

表4-10-38　　不同用碱量和保温时间对蒸煮的影响

	用碱量（NaOH%）	保温时间（时:分）	粗浆得率（%）	硬度（高锰酸钾值）	筛　渣（%）	残　碱（NaOHg/l）
I	21	2:30	52.9	15.7	0.24	—
	22	2:30	51.3	14.5	0.30	7.2
	23	2:30	50.1	—	—	12.8

（3）切断长度25～35mm，合格率80%以上。

（三）浆料的特征和用途

硫酸盐田菁浆纤维较短而细，较均整。形态是两头尖、中部宽，呈纺锤状。细胞壁薄、壁腔比小。与多数草类浆比较，杂细胞含量少，半纤维素含量也较低。浆的漂白性能较好，采用CEH三段漂白，可获得白度为80%的浆料。由于田菁浆具有上述的特点，因此它适合于生产文化用纸，并且有用以代替阔叶木浆生产胶版印刷纸，代替竹壳浆生产卷烟纸。

田菁浆的化学特征见表4-10-37。

表4-10-37　　田菁浆的化学特征

	未漂浆硬度（高锰酸钾值）	白度（%）	聚合度（铜氨粘度法）	化学组成			
				α-纤维素（%）	聚戊糖（%）	木素（%）	灰分（%）
未漂田菁浆	14	—	1330	—	16.78	1.32	3.21
漂白田菁浆	14	79	506	69.86	15.83	0.10	1.85

（四）影响蒸煮的因素

1. 用碱量

表4-10-38　　不同用碱量和保温时间对蒸煮的影响

	用碱量（NaOH%）	保温时间（时:分）	粗浆得率（%）	硬度（高锰酸钾值）	筛渣（%）	残碱（NaOHg/l）
I	21	2:30	52.9	15.7	0.24	—
	22	2:30	51.3	14.5	0.30	7.2
	23	2:30	50.1	—	—	12.8

续表

	用碱量 (NaOH%)	保温时间 (时:分)	粗浆得率 (%)	硬度(高锰酸钾值)	筛渣 (%)	残碱 (NaOHg/l)
Ⅱ	20	3:00	54.1	17.0	—	4.0
	22	3:00	51.7	13.9	0.7	—
	23	3:00	48.8	13.8	1.0	4.0
Ⅲ	20	3:45	49.5	18.3	2.5	2.8
	22	3:45	49.2	—	0.9	4.8
	23	3:45	48.2	13.2	1.3	2.8

原料：田蓍系山东沾化县产，贮存期约二年，田蓍片长25～35mm，夹含量6%；蒸球容积25m³，装球量126（绝干kg/m³）；硫化度20%；液比1:3；最高压力637kPa(6.5kg/cm²)；升温1:30，小放汽5min，全压喷放时间0:10。

2. 蒸煮最高温度

表4-10-39　　不同最高温度对蒸煮的影响

蒸煮最高温度 (℃)	粗浆得率 (%)	硬度 (高锰酸钾值)	细浆得率 (%)	筛渣 (%)	残碱 (NaOH g/l)	漂率 (%)	白度 (%)
160	45.0	16.2	44.2	0.8	4.3	7.80	68.4
165	44.2	15.0	43.4	0.8	3.5	7.80	68.6
170	43.1	15.1	42.6	0.5	—	7.3	72.5
175	41.6	12.2	41.3	0.3	2.8	7.4	66.5

原料：山东田蓍，贮存约一年。

蒸煮条件：用碱量(NaOH)20%，硫化度20%，液比1:4，升温1:40，保温2:30。

（五）蒸煮实例

表4-10-48　　田菁碱法蒸煮实例

		田菁漂白浆		
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
蒸煮条件	蒸球容积(m^3)	14，25，40	40	40
	装锅量（绝干kg/m^3）	130	130	132
	装锅方式	蒸煮液预浸机械装锅	—	—
	用碱量（NaOH%）	22～23	22.87	21.4
	硫化度（%）	20	—	—
	液比	1:3	1:2.5	1:2.5
	蒸煮最高压力（kPa）	637(6.5kg/cm^2)	617(6.3kg/cm^2)	617(6.3kg/cm^2)
	升温时间（时:分）	1:25	—	—
	小放汽	0:05	—	—
及结果	保温时间（时:分）	2:30～3:00	7:00	7:00
	喷放时间（时:分）	0:10	—	—
	蒸煮总时间	5:20～5:50	—	—
	粗浆得率（%）	50	46.16	46.29
	粗浆硬度(高锰酸钾值)	14以下	8.5	8.6
	黑液残碱（NaOHg/l）	4～7	22.8	16～17.6
每吨漂白浆消耗	纤维原料(kg)	2540	3009	2607
	氢氧化钠(kg)	451	626.6	553.5
	硫化钠(kg)	110	—	—
	氯（有效氯）（kg）	(CEH三段漂) 63	85.6	40.6
	硫酸（92%）（kg）	42	—	—
	水（m^3）	382	450	—
	浆料用途	胶版印刷纸、书写纸	30%田菁浆 35%亚硫酸盐木浆 36%麻浆 生产卷烟纸	100%田菁浆 有光纸

表4-10-41　　小叶樟硫酸盐法制漂白浆试验

试验编号	热水预煮					硫酸盐蒸煮													
	液比	最高温度℃	升温时间(时:分)	保温时间(时:分)	废液pH	用碱量(%) NaOH	Na_2S	总碱 Na_2O(%)	硫化度(%)	液比	最高温度(℃)	升温时间(时:分)	保温时间(时:分)	粗浆得率(%)	残碱NaON(g/l)	高锰酸钾值	漂白效率(%有氯)	白度(%)	
01						16	4	15.6	20.4	1:4.5	160	1:30	3:00	38.60	5.33	6.76	4.12	62	
02						18	4.5	17.5	20.4	1:6	150	1:30	3:00	42.75	8.80	6.98	6/75	72/76	
03	1:3	125	0:30	1:30	—	16	4.0	15.6	20.4	1:7	150	1:30	2:30	42.21	7.45	6.83	3.93	80	
04	1:10	125	0:30	2:00	5.47	13.5	3.6	12.3	21.4	1:7	145	1:00	3:00	45.29	6.35	8.89	4.35	80	
05	1:10	125	0:30	1:30	—	14.4	3.6	14.0	20.4	1:7	150	1:00	2:30	46.31	6.26	10.40	4.44	80	
06	1:10	125	0:30	1:30	—	12.8	3.2	12.5	20.4	1:7	150	1:00	2:30	44.93	3.60	8.4	4.40	80	
07						12.8	3.2	12.5	20.4	1:7	150	1:30	3:00	47.44	3.96	12.4	5.13	色黄	
08						14.4	3.6	14.0	20.4	1:7	150	1:30	3:00	48.18	3.79	10.65	4.66	70	

续表

试验编号	热水预煮					硫酸盐蒸煮														
	液比	最高温度(℃)	升温时间(时:分)	保温时间(时:分)	废液pH	用碱量(%) NaOH	Na_2S	总碱 Na_2O(%)	硫化度(%)	液比	最高温度(℃)	升温时间(时:分)	保温时间(时:分)	粗浆得率(%)	残碱 NaOH (g/l)	高锰酸钾值	漂白效率(%)	有效氯(%)	白度(%)	
09						16.45	2.8	15.0	15.0	1:7.5	150	1:30	2:30	18.37	6.77	8.74	4.97		70	
10						16.45	2.8	15.0	15.0	1:7.0	140	1:20	3:00	49.32	7.11	9.76	4.35		70	
11						17.55	3.02	16.0	15.0	1:7.5	150	1:30	2:30	46.55	7.11	8.46	4.5/3.56		70	
12						14.4	3.6	14.0	20.4	1:6.5	150	1:30	3:00	41.5	4.37	10.43	4.92		70	
13						17.55	3.02	16.0	15.0	1:6.5	150	1:30	2:30	41.14	5.92	9.90	4.50		70	
14						17.55	3.02	16.0	15.0	1:7	150	1:30	2:30	46.24	6.09	9.06	4.65		70	
15						17.55	3.02	16.0	15.0	1:7	150	1:30	2:30	/	6.01	9.82	4.41		70	

编号1、2、12、13使用0.35m³立罐蒸煮器，编号3～11和14、15使用15L转锅。掺用黑液量：编号14掺用40%，编号15掺用60%。

七、小叶樟制浆

（一）概　述

小叶樟学名*Deyeuxia angustifolia*（*Komar*）*chang*亦名山荒草，为野生草本植物，生长于江河沿岸的低地带，属一年生禾本科植物，盛产于东北黑龙江、吉林等省。草长一般为1～2m，草茎直径平均约为2～3mm，无髓，有节，叶似茅草，每株6～7叶，尾端尖细形状似小苇，其茎强韧，虽经雨水浸湿，亦不易霉烂，农民常用为铺盖房屋，故又称苫房草。

试验研究证明，这种植物确是一种较好的造纸原料，其纤维类似竹浆，比苇浆优越。可用100%的小叶樟草制造适于抄造高级纸张的漂白浆和抄造纸袋纸的本色浆。

（二）小叶樟硫酸盐法制浆试验

试验结果（见表4-10-41）表明：

（1）小叶樟草用普通硫酸盐法进行蒸煮及漂白时，漂率高且白度难以达到80度以上。

当蒸煮用碱量在14～16%之间时，从所得纸浆加入5%（对绝干浆量）有效氯进行漂白，3h后，残氯均消耗始尽而纸浆白度停留在70度左右。用碱量不同的蒸煮结果，只表现于纸浆硬度的变化，而对漂率的影响不大。当用碱量再行降至12.5%，硬度增至12.4以5%有效氯漂白3h后，浆色黄，与其它浆号比较，显然是用碱量不足所致。在硫化度方面，变化在15～20%之间的影响不大。故总碱量16%，硫化度15%，升温时间1h，保温2.5h即满足漂白浆的需要。

（2）为解决漂白困难（因小叶樟草所含色素是难溶于碱的染料），可先用热水在125℃下浸煮1.5h，再用硫酸盐法（总碱

12.5%，硫化度20.4%，在150℃下保温2.5h）蒸煮；此法的优点是可以节约用碱量，但须增加一次水煮。另可采取硫酸盐法蒸煮（总碱16%，硫化度15%，在150℃下保温2.5h）后，在漂白前，先加1%HCl常温浸洗1h（浸后pH为4～5）再行漂白，漂率可降至4%以下，而白度可达80度以上。

（3）配用黑液40～60%进行蒸煮试验的结果，对纸浆硬度和对漂率的影响均不显著。

第十一节　碱法制浆设备

一、蒸　煮　器

碱法制浆蒸煮器的类型有：

间歇式 {固定立式蒸煮锅，定名为碱法蒸煮锅
回转球形蒸煮锅，定名为蒸球

连续式　连续蒸煮器（详见本章第十二节）

（一）碱法蒸煮锅

1. 国产碱法蒸煮锅

碱法蒸煮锅是采用20g锅炉钢板焊接的两端为不同锥角的圆筒形受压容器。上、下锅颈及下锅口的弯管的材质为ZG25B铸钢。计算工作压力为1176kPa（12kg/cm²），水压试验压力为1470kPa（15kg/cm²），正常工作压力为784～882kPa（8～9kg/cm²），最高工作温度175℃。加热方式为强制药液循环间接加热，下锥体下部备有供直接加热用的进汽口，锅体通过托耳支座支承在四个支

柱上。目前国产定型系列产品有50、75、110m³三种，其主要技术特征及锅内算子开孔面积分别列于表4-11-1和表4-11-2。其结构及主要尺寸见图4-11-1和表4-11-3。

表4-11-1　　国产碱法蒸煮锅主要技术特征

型　　号		ZJG1	ZJG2	ZJG3
容　　积	(m³)	50	75	110
锅体内径	(mm)	3000	3250	3600
锅体高度	(mm)	9984	11793	13821
(上、下锅口法兰平面间距)				
上锅口直径	(mm)	770	770	770
下锅颈直径	(mm)	350	350	350
外形尺寸	(mm)	4500×4300 ×11890	5100×5000 ×13100	6500×5000 ×15600
重　　量	(t)	31.3（包括附属设备）	31.8	53
配套附属设备：				
1. 自动锅盖		ZJC3或ZJC2	ZJC2	ZJC2
2. 气动喷放阀		Dg200	Dg200	Dg200
3. 加热器	(m²)	40	65	90
4. 循环泵		ZBY21型，φ150	ZBY22型，φ250	ZBY22型，φ250
主要生产厂		安阳机械厂 天津轻工机械厂	兰州石油化工机械厂	兰州石油化工机械厂

锅体表面保温层厚度为60mm

柱上。目前国产定型系列产品有50、75、110m³三种，其主要技术特征及锅内算子开孔面积分别列于表4-11-1和表4-11-2。其结构及主要尺寸见图4-11-1和表4-11-3。

表4-11-1　　国产碱法蒸煮锅主要技术特征

型　　号		ZJG1	ZJG2	ZJG3
容　　积	(m³)	50	75	110
锅体内径	(mm)	3000	3250	3600
锅体高度	(mm)	9984	11793	13821
(上、下锅口法兰平面间距)				
上锅口直径	(mm)	770	770	770
下锅颈直径	(mm)	350	350	350
外形尺寸	(mm)	4500×4300 ×11890	5100×5000 ×13100	6500×5000 ×15600
重　　量	(t)	31.3（包括附属设备）	31.8	53
配套附属设备：				
1. 自动锅盖		ZJC3或ZJC2	ZJC2	ZJC2
2. 气动喷放阀		Dg200	Dg200	Dg200
3. 加热器	(m²)	40	65	90
4. 循环泵		ZBY21型，φ150	ZBY22型，φ250	ZBY22型，φ250
主要生产厂		安阳机械厂 天津轻工机械厂	兰州石油化工机械厂	兰州石油化工机械厂

锅体表面保温层厚度为60mm

表4-11-2　　锅内算子开孔面积

蒸煮锅容积(m³)		50	75	110
锅上部				
排气孔径	(mm)	3	3	3
开孔总面积	(m²)	0.12	0.081	0.24
进液孔径	(mm)	5.5	5.5	7
开孔总面积	(m²)	0.06	0.064	0.10
锅中部				
抽液孔径	(mm)	5.5	5.5	6.0
开孔总面积	(m²)	0.897	0.832	1.48
锅下部				
进液孔径	(mm)	5.5	5.5	5.5
开孔总面积	(m²)	0.15	0.15	0.2

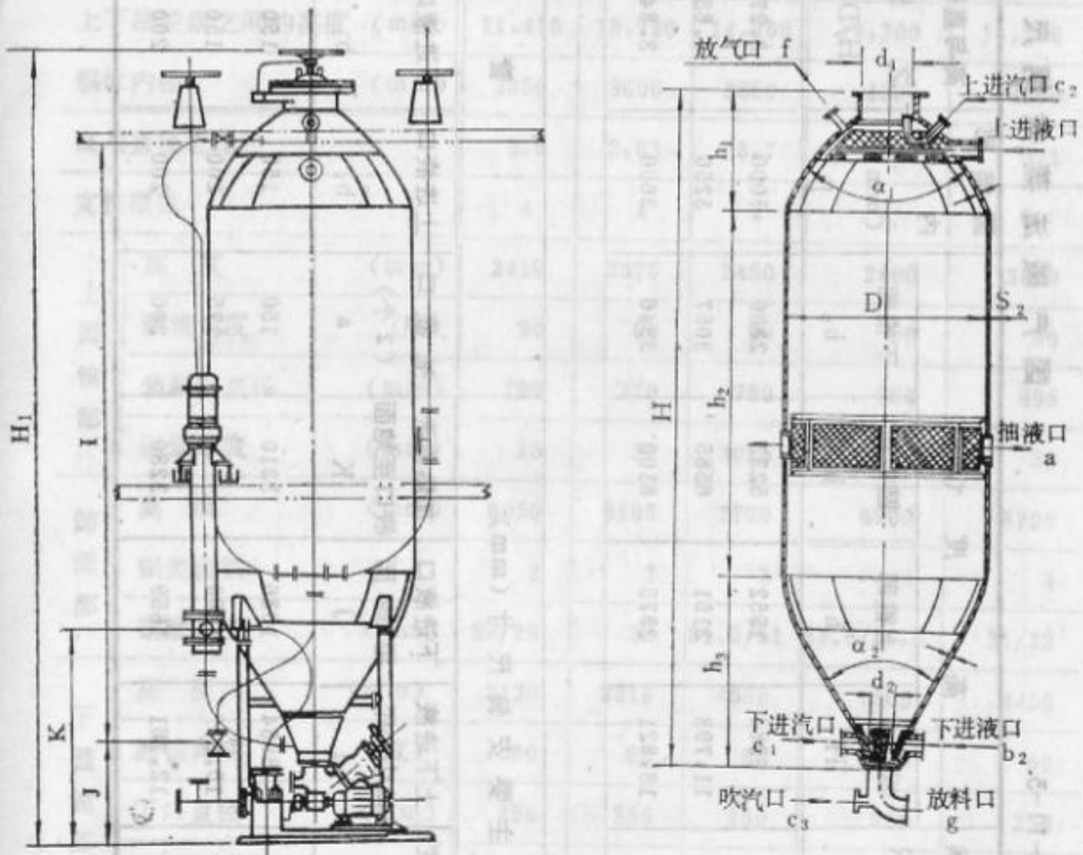


图4-11-1　国产碱法蒸煮锅

表4-11-3　　国产碱法蒸煮锅尺寸表

蒸煮锅容积 (m^3)	高度 (mm)				圆筒部内径 (mm)	高与直径之比	圆锥角 (度)		锅颈口径 (mm)		壁厚 (mm)
	锅体 H	上锥部 h_1	圆筒部 h_2	下锥部 h_3	D	H/D	上 α_1	下 α_2	上 d_1	下 d_2	s
50	9984	1952	5232	2800	3000	3.27	90	60	770	350	28
75	11,793	2151	6585	3057	3250	3.63	90	60	770	350	30
110	13,821	2375	8100	3346	3600	3.84	90	60	770	350	32

主要安装尺寸 (mm)				管接头 Dg (mm)							
总高度 H_1	上下进液口中心距 I	下进液口至地面 J	加热器进液口至地面 K	抽液口 (2个) a	上进液口 b_1	下进液口 b_2	下进汽口 c_1	上进汽口 c_2	吹汽口 c_3	放气口 f	放料口 g
11,890	8934	1636	3210	150	150	150	80		50	100	200
13,885	10,677	1686		175	200	150	80	80	50	100	250
15,520	12,761	1659	3280	200	200	200	100	80	50	100	200

2. 国外碱法蒸煮锅

表4-11-4所列为欧洲碱法蒸煮锅的主要技术特征。北美硫酸盐蒸煮锅的实例见表4-11-5。

表4-11-4　　欧洲碱法蒸煮锅技术特征

技术特征			蒸煮锅容积(m^3)				
			70	110	125	150	160
计算工作压力		(kPa) (kg/cm^2)	1176 12	1078 11	980 10	980 10	1176 12
由地面到上部法兰盘的高度		(mm)	13,090	14,900	15,750	15,750	15,000
上下法兰盘之间的高度		(mm)	11,410	13,790	14,200	14,200	14,150
锅体内径		(mm)	3250	3600	3350	4300	4500
高与直径之比			3.5	3.83	3.7	3.3	3.1
支柱根数			4	4	4	4	6
上圆锥部	高度	(mm)	2416	2375	2450	2800	3000
	圆锥角度	(度)	90	90	90	90	90
	装料口直径	(mm)	700	770	750	750	805
	锅壁厚度	(mm)	25	32	30.5	33/34.5	30
圆筒部	高度	(mm)	6050	8100	7700	6900	6700
	锅壳段数		2	3	3	4	4
	锅壁厚度	(mm)	27/29	32	31.5/31	34.5/36.5	31/32
下圆锥部	高度	(mm)	3120	3315	4050	4500	4450
	圆锥角度	(度)	60	60	60	60	60
	下口直径	(mm)	250	350	250	250	250
	锅壁厚度	(mm)	29	32	33	36.5	32
锅体重量		(kg)	—	42,800	—	58,000	53,300

表4-11-5　　北美硫酸盐蒸煮锅规格及应用实例

厂号	蒸煮锅容积（m^3）	蒸煮锅规格 直径×高（mm）	高与直径之比	蒸煮加热方式	每锅产浆量（未漂风干浆）	单位容积产浆量（kg/m^3锅）	产浆种类
1	92	φ3500×13250	3.78	直接	9.9	107.9	漂白浆
2	125	φ3810×15390	4.04	直接	13.4	107.5	漂白浆
3	93	φ2970×15220	5.12	间接	9.7	104.3	漂白浆
4	93	φ2970×14860	5.00	间接	8.9	95.7	纸
5	85	φ2820×14860	5.27	间接	9.3	108.8	纸
6	118	φ3760×14580	3.88	间接	10.7	90.7	硫酸盐浆
7	93	φ3510×13180	3.76	直接	9.1	97.5	纸
8	107	φ3350×14330	4.27	直接	10.0	93.9	漂白纸
9	113	φ3660×13460	3.68	间接	8.7	77.1	漂白浆
10	173	φ4117×16430	3.98	直接	19.1	110.6	纸板
11	173	φ4117×16430	3.98	直接	15.7	90.7	纸板面浆
12	79	φ3200×11480	3.59	直接	7.3	91.9	漂白纸、纸板及薄纸
13	103	φ3500×14630	1.17	间接	13.8	133.9	漂白纸、纸板及薄纸
14	119	φ3660×14020	3.83	直接	12.6	106.0	纸
15	119	φ3660×14020	3.83	直接	12.2	102.9	纸板面浆
16	119	φ3660×14020	3.83	直接	14.1	118.2	纸板底芯浆
17	62	φ2740×9580	3.49	直接	6.4	102.4	漂白浆
18	76	φ3200×12500	3.90	直接	7.4	97.9	纸
19	108	φ3440×14020	4.07	间接	8.3	76.4	漂白浆
20	133	φ3350×16760	5.00	间接	11.8	88.7	漂白浆

续表

厂号	蒸煮锅容积 (m^3)	蒸煮锅规格 直径×高 (mm)	高与直径之比	蒸煮加热方式	每锅产浆量 (未漂风干浆)	单位容积产浆量 (kg/m^3锅)	产浆种类
21	109	φ3440×14020	4.07	间接和直接	8.3	75.7	漂白硫酸盐浆
22	120	φ3660×14020	3.83	直接	11.8	98.3	硫酸盐浆纸板
23	120	φ3660×14020	3.83	直接	11.8	98.3	挂面纸板面浆
24	120	φ3660×14020	3.83	直接	13.6	113.4	挂面纸板底浆
25	133	φ3660×14630	4.00	直接	13.6	102.3	漂白纸板
26	96	φ3200×13410	4.19	间接	7.9	82.2	浆
27	89	φ3200×13410	4.19	直接	7.9	88.7	纸及纸板
28	88	φ2900×15340	5.30	直接	7.7	87.6	挂面纸板
29	184	φ4270×17020	3.99	直接	16.2	88.0	挂面纸板
30a	136	φ3500×16460	4.70	间接	13.2	96.7	漂白浆
30b					15.0	110.0	漂白浆
31a	173	φ4040×16430	4.07	间接	16.8	97.0	漂白浆
31b					19.1	110.4	漂白浆
32	108	φ3400×14830	4.36	直接和间接	7.7	71.4	漂白浆
33	133	φ3790×14170	3.74	直接	12.7	95.5	未漂纸板
34	173	φ4040×16460	4.08	间接	16.2	93.9	漂白纸和纸板
35	122	φ3530×15800	4.48	间接	13.3	109.3	漂白纸
36	140	φ3610×16610	4.61	间接	15.2	108.2	漂白纸
37a	170	φ3860×17830	4.62	直接	17.7	104.1	纸板面浆
37b					19.7	115.9	纸板底芯浆

a，软木；b，硬木

（二）蒸　　球

蒸球是回转的球形受压容器。球体采用A_3R容器用钢板焊接而成，两端轴档材料为ZG25铸钢。最大工作压力为784kPa（8kg/cm²），最高工作温度为175℃。直接通汽加热，浆料由轴端喷放。定型系列产品有14、25、40m³三种，其主要技术特征列于表4-11-6，结构见图4-11-2，安装尺寸见表4-11-7。

表4-11-6　　蒸球主要技术特征

型　　号		ZJQ1	ZJQ2	ZJQ3
容　　积	(m³)	14	25	40
球体内径	(mm)	3000	3650	4300
壁　　厚	(mm)			
球壳本体		12	14	16
球壳两侧		14	16	18
球体转速	(r/min)	0.55	0.48	0.43
电动机型号		JO₂32-4	JO₂42-4	JO₂52-4
电动机功率	(kW)	3.0	5.5	10
减速箱型号、速比		JZQ350Ⅳ $-\frac{1}{2}$F,i=15.75	JZQ350Ⅳ $-\frac{1}{2}$F,i=15.75	JZQ500Ⅳ $-\frac{1}{2}$F,i=15.75
喷放阀直径	(mm)	150	150	200
排列方式		分左、右手	分左、右手	分左、右手
外形尺寸（直径×长）	(mm)	3880×6500	4570×7250	4620×8300
设备重量	(kg)	8500	11800	22400
满载重量	(kg)	23000	37000	63000
主要生产厂		天津轻工机械厂	天津轻工机械厂	天津轻工机械厂

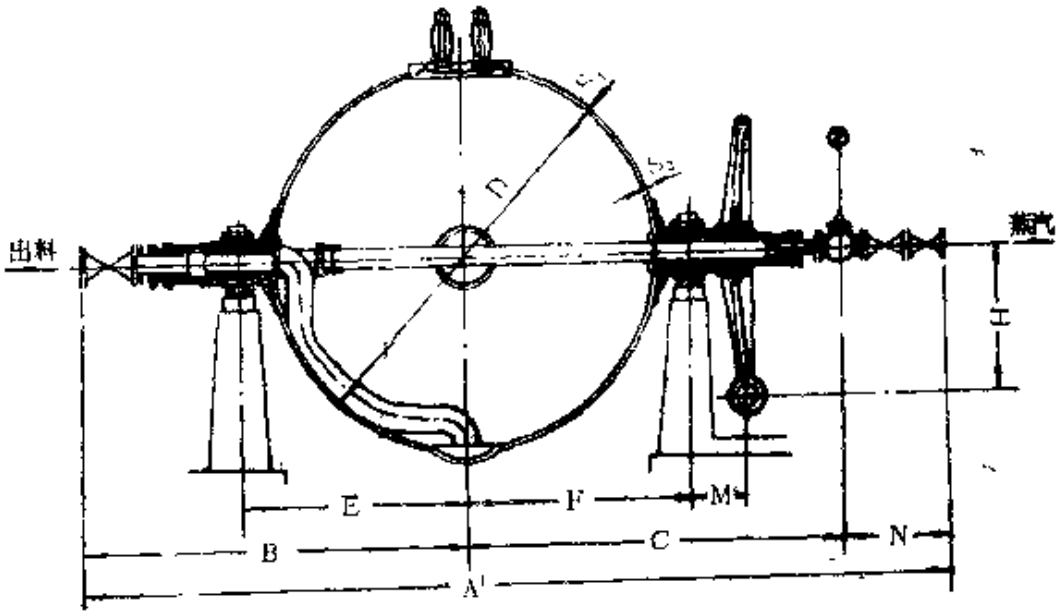


图4-11-2　蒸球

表4-11-7　　蒸球安装尺寸表　　单位：mm

蒸球容积 (m^3)	球体			主要安装尺寸							
	内径 D	壁厚 S_1	壁厚 S_2	A	B	C	E	F	M	N	H
14	3000	12	14	6050	2395	2884	1788	1768	445	766	1365
25	3650	14	16	7335	3194	3375	2160	2140	450	766	1365
40	4200	16	18	8304	3633	3815	2570	2550	530	858	1630

（三）间歇蒸煮器的选型

表4-11-8列出碱法蒸煮锅（立锅）与蒸球使用性能的比较。

表4-11-8　　立锅与蒸球使用性能比较

	碱法蒸煮锅（立锅）	蒸　　球
用碱量	略　　高	略　　低
液比与汽耗	均高于蒸球。木浆液比为1:3.5～3.7	均比立锅低。木浆液比为1:2.4～2.5
占地面积	较　　小	较　　大
适应原料	木、竹片等滤水性好的原料，也可用于荻苇、芒秆等原料	各种原料均适应，特别适应草类、蔗渣等滤水不良的原料，以及棉、麻破布韧皮类原料
操作管理	较方便，便于实现程序控制和电子计算机控制	较差，需人工开闭球盖，操作笨重

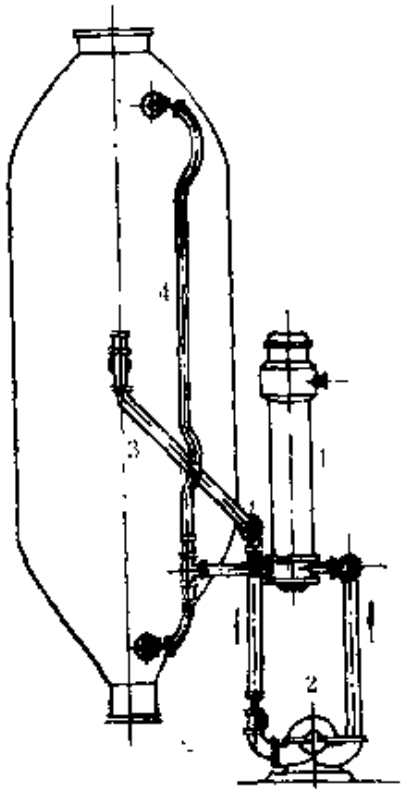


图4-11-3　碱法蒸煮锅药液循环系统示意图
1-加热器　2-循环泵
3-抽液管　4-上、下循环管

二、药液循环加热装置

（一）药液循环系统

国内普遍采用的循环方式是药液从锅的中下部通过滤网（篦子）抽出，经循环泵和加热器，送入锅的顶部和底部。循环泵的能力一般为每小时药液循环8～12次，扬程为16～22m。加热器面积为每m^3锅容0.5～0.85m^2。循环系统见图4-11-3。

（二）加　热　器

常用的碱液加热器有列管式和板壳式两种类型。目前国内多使用列管式，而新型的循环系统则多采用板壳式。

1. 列管式碱液加热器

目前国产的列管式碱液加热器有40、65、90m²三种，其中90m²加热器又分为双程式和单程式，其主要技术特征列于表4-11-9。双程列管式加热器的结构见图4-11-4，其安装尺寸见表4-11-10。单程列管式结构见图4-11-5。

表4-11-9　　列管式碱液加热器主要技术特征

型式		40m²	65m²	90m²	
		列管双程	列管双程	列管双程	列管单程
壳体	内径（mm）	600	615	800	600
	壁厚（mm）	8	8	10	8
	材料	A_3	A_3	A_3	A_3
加热管	外径×壁厚（mm）	φ38×2.5	φ38×2.5	φ38×2.5	φ38×2.5
	长度（mm）	3500		4520	7000
	根数	98		182	110
	材料	1Cr18Ni9	1Cr18Ni9		1Cr18Ni9
工作压力（kPa）	管外	1176（12kg/cm²）		1176（12kg/cm²）	1176（12kg/cm²）
	管内	784～882（8～9kg/cm²）		784～882（8～9kg/cm²）	882～1176（9～12kg/cm²）

续表

型式			40m²	65m²	90m²	
			列管双程	列管双程	列管双程	列管单程
水压试验，管内、外均为(Pa)			1470 (15kg/cm²)	—	1470 (15kg/cm²)	1470 (15kg/cm²)
温度(℃)	管内	开始	60		60	60
		终期	172		172	175
	管外		187		187	190
碱液入口直径（mm）			200		300	
碱液出口直径（mm）			200		300	250，2个
蒸汽入口直径（mm）			125		200	200
冷凝水出口直径（mm）			70		80	80
设备重量（kg）			2226	3099	5750	3300
主要生产厂					天津轻机厂	天津轻机厂

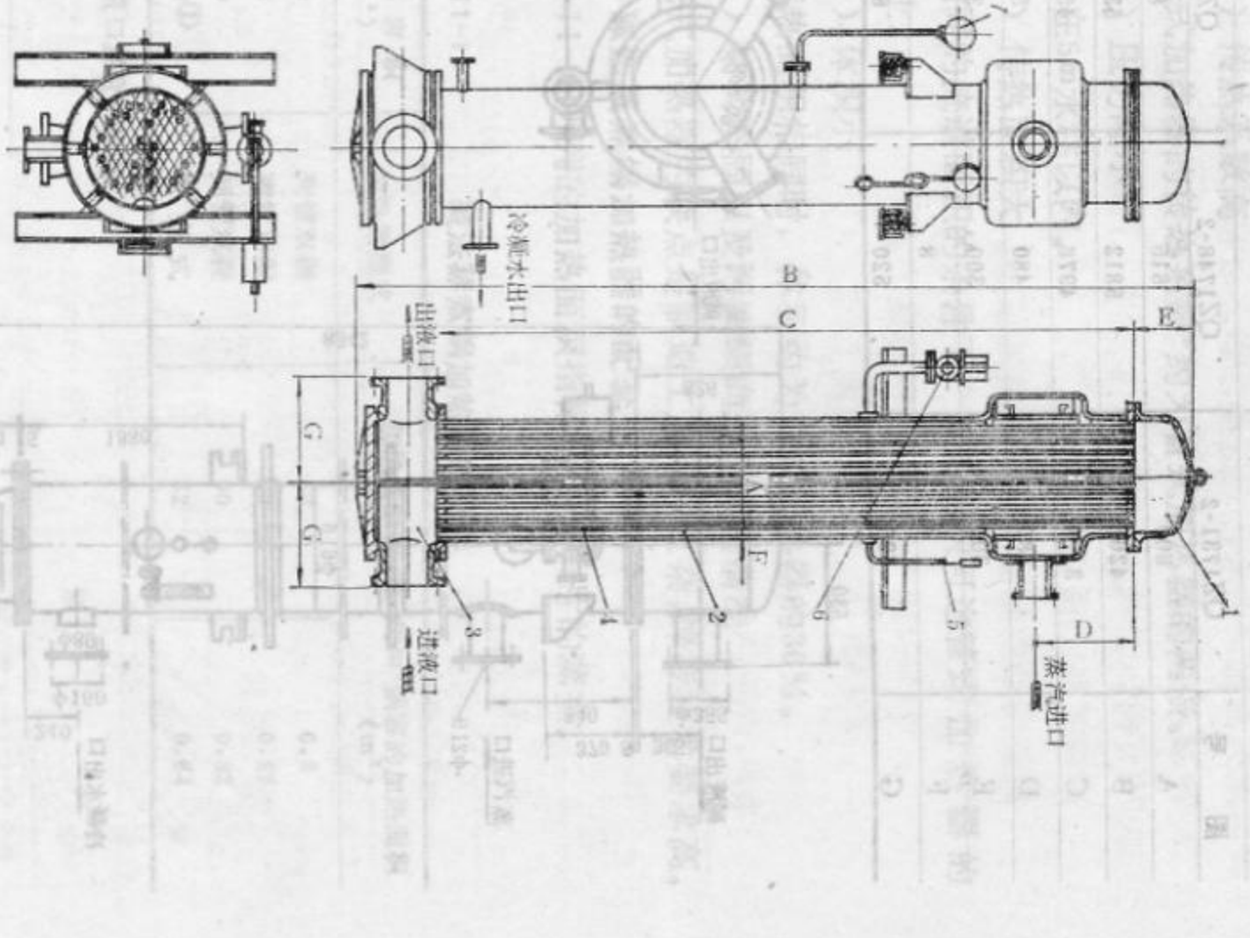


图4-11-4　双程列管式碱液加热器

1-上液室　2-加热室　3-分配箱　4-加热管　5-压力表　6-安全阀　7-温度计

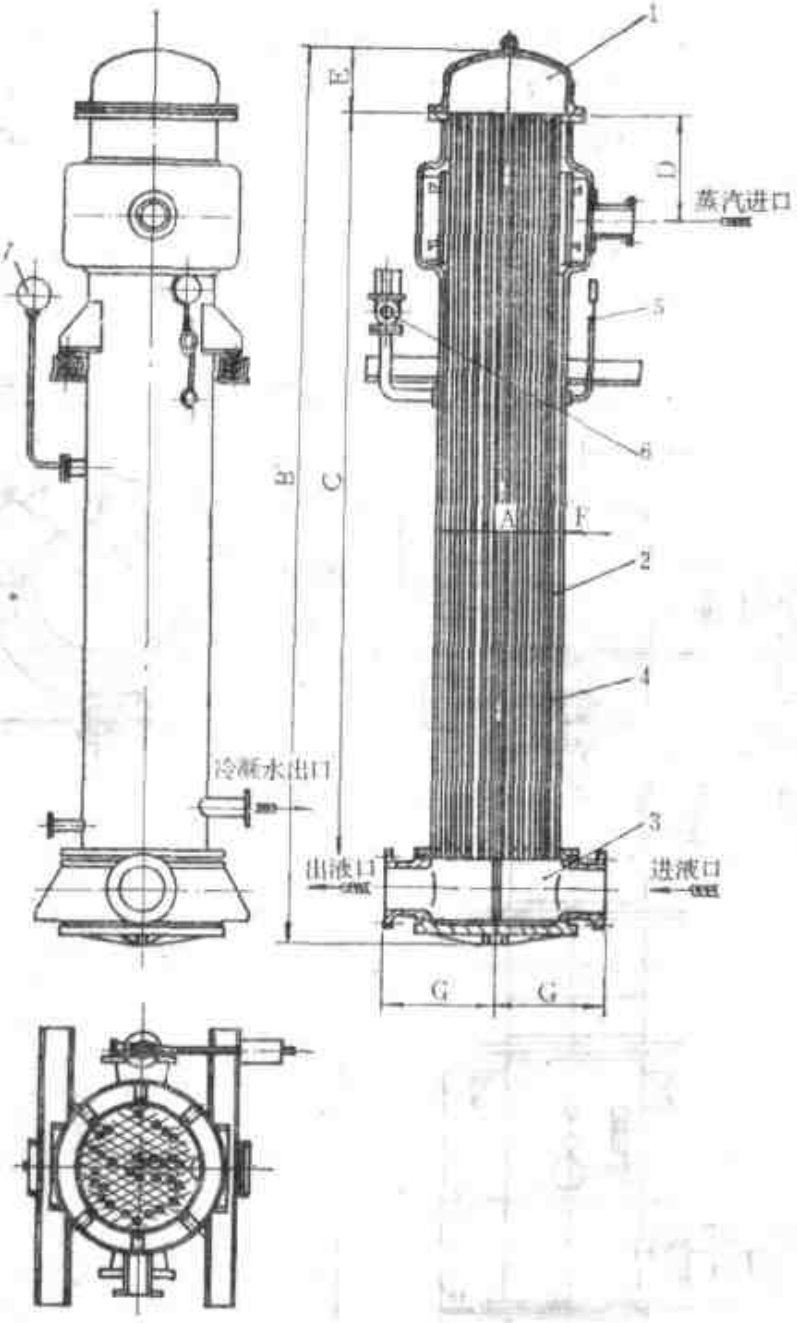


图4-11-4　双程列管式碱液加热器

1-上液室　2-加热室　3-分配箱　4-加热管　5-压力表　6-安全阀　7-温度计

表4-11-10　　双程列管式加热器安装尺寸表

型　式	列管—双程	列管—双程	列管—双程
图　号	QZ1731-2	QZ1748-2	QZ1717
A	600	615	800
B	4202	5812	5375
C	3478	4978	4500
D	482	480	520
E	300	300	327
F	8	8	10
G	520	520	650

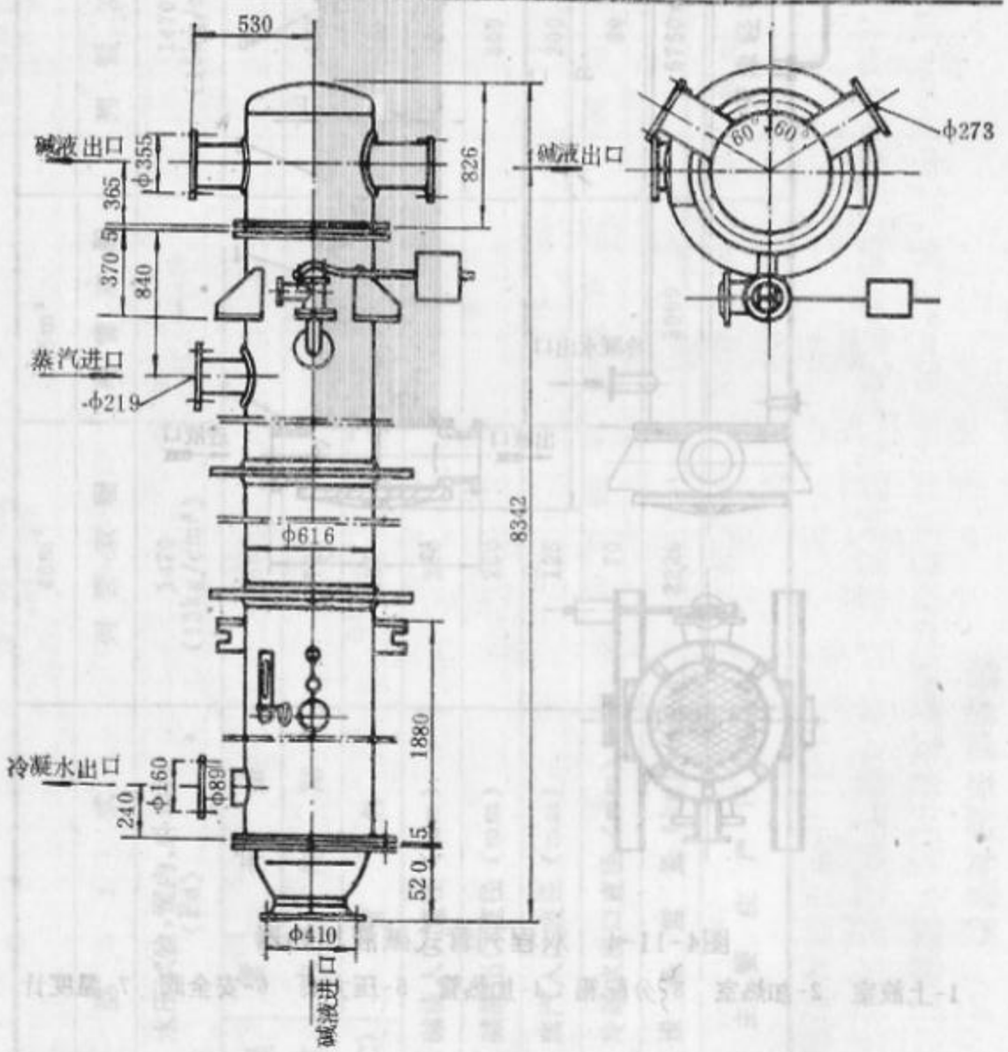


图4-11-5　90m²单程列管式碱液加热器

2．加热器的选型

据国外资料介绍，板壳式加热器比管式加热器有下列的优点：

（1）传热系数高

板壳式加热器的传热系数*约为管式加热器的两倍。

（2）压力降小

一般在5m水柱以内。

（3）传热面积大

在相同的流道面积的条件下，传热面积可达管式加热器的3.5倍以上。

（4）体积小

在传热面积相同时，体积约为管式加热器的30%。

（5）结构坚固以及污塞倾向小，容易清洗

板壳式加热器的缺点是制造工艺比较复杂，焊接技术要求高。

3．碱法蒸煮锅加热器的配套

表4-11-11所列的加热面积指标适用于木片的蒸煮。

表4-11-11　　碱法蒸煮锅加热器的配套

蒸煮锅容积 (m³)	加热器型式	加热器面积 (m²)	每m³锅容的加热面积 (m²)
50	列管双程	40	0.8
75	列管双程	65	0.87
110	列管双程	90	0.82
50①	板壳式	32	0.64

① 系进口复合钢板锅

* 在计算板壳式加热器的传热系数和压力降时，因其截面不是圆形，故应采用液力直径D_h来计算。

$$D_h = \frac{4 \times \text{流道截面}}{\text{湿润周边}}$$

近似值为：$D_h = 2 \times$ 间隔距离

2. 加热器的选型

据国外资料介绍，板壳式加热器比管式加热器有下列的优点：

（1）传热系数高

板壳式加热器的传热系数*约为管式加热器的两倍。

（2）压力降小

一般在5m水柱以内。

（3）传热面积大

在相同的流道面积的条件下，传热面积可达管式加热器的3.5倍以上。

（4）体积小

在传热面积相同时，体积约为管式加热器的36%。

（5）结构坚固以及污塞倾向小，容易清洗

板壳式加热器的缺点是制造工艺比较复杂，焊接技术要求高。

3. 碱法蒸煮锅加热器的配套

表4-11-11所列的加热面积指标适用于木片的蒸煮。

表4-11-11　　碱法蒸煮锅加热器的配套

蒸煮锅容积 (m^3)	加热器型式	加热器面积 (m^2)	每m^3锅容的加热面积 (m^2)
50	列管双程	40	0.8
75	列管双程	65	0.87
110	列管双程	90	0.82
50①	板壳式	32	0.64

① 系进口复合钢板锅

* 在计算板壳式加热器的传热系数和压力降时，因其截面不是圆形，故应采用液力直径D_h来计算。

$$D_h = \frac{4 \times \text{流道截面}}{\text{湿润周边}}$$

近似值为：$D_h = 2 \times$ 间隔距离

4. 加热器的冷凝水排出设备

冷凝水排出设备包括冷凝水分离器和凝结水槽(表4-11-12)。冷凝水分离器可装液位自动控制器，以起阻汽排水的作用。

冷凝水分离器

主要材料：A_3

设备重量：104kg

液位自动控制器需另配下列的仪表：

QBF-32　气动压差变送器

QTL-410　气动比例积分调节器

ZMAN-16　气动薄膜调节阀

表4-11-12　　凝结水槽主要技术特征

设备型号		ZTZ21	ZTZ22
容积（m^3）		5	10
槽体规格（mm）		ϕ1400×3750	ϕ1800×4300
工作压力（kPa）		392（4kg/cm^2）	392（4kg/cm^2）
主要材料		A_3	A_3
重量（kg）	自重	1400	2240
	满载	约 6170	约 12,200
外形尺寸（长×宽×高）（mm）		1410×2300×3900	—
主要生产厂		天津轻机厂、安阳机械厂	

（三）药液循环泵

1. 结构和特征

药液循环泵为卧式单级单吸离心泵（见图4-11-6），主要部件的材质为1Cr 18Ni 9Ti，可耐酸、碱药液的腐蚀。其特征见表4-11-13。

表4-11-13　　药液循环泵主要技术特征

设备型号		ZBY 21	ZBY 22
进出口径	(mm)	150	250
叶轮直径	(mm)	300	300
流量	(m^3/h)	108　170　212	366　525　670
总扬程	(m)	26.4　22.8　16	24.8　22.5　18.3
泵轴转速	(r/min)	1470	1470
工作压力	(kP_a)	<980 (10kg/cm^2)	<980 (10kg/cm^2)
工作温度	(℃)	<185	<185
冷却水消耗量	(l/min)	8～10	8～10
电动机		JO$_2$71-4，22kw	JO$_2$91-4，35kw
外形尺寸(长×宽×高)(mm)		1728×800×850	2120×850×990
重量	(kg)	980	1395
主要生产厂		天津轻机厂	

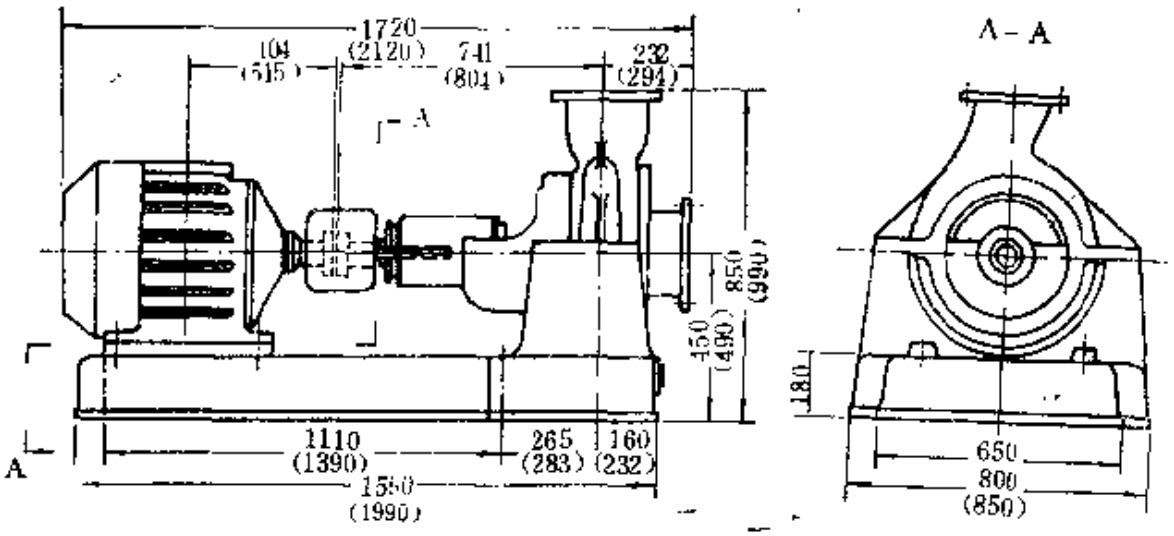


图4-11-6　药液循环泵

图中括号外数字为ZBY21型，括号内数字为ZBY22型

2. 循环泵与蒸煮锅的配套

表4-11-14　　硫酸盐蒸煮锅配用的药液循环泵

蒸煮锅容积（m^3）	配用循环泵型号	循环泵的特性 流量（m^3/h）	循环泵的特性 扬程（m）	每小时循环次数（以每m^3锅容0.6m^3蒸煮液）计算
50	ZBY21	212	16.0	$\frac{212}{0.6\times50}=7$次
75	ZBY22	525	22.5	$\frac{525}{0.6\times75}=11.7$次
		366	24.8	$\frac{336}{0.6\times75}=8$次
110	ZBY22	525	22.5	$\frac{525}{0.6\times110}=8$次
50①	NE-K20M	360	20.0	$\frac{360}{0.6\times50}=12$次

① 系进口复合钢板碱法蒸煮锅

3. 循环泵的高压水封泵

药液循环泵水封的用水量（即表4-11-13的冷却水消耗量）为8～10l/min，即0.48～0.6m^3/h，选用最小规格的Φ50多级离心泵，流量为12.6m^3/h，即已足够。

（四）国外碱法蒸煮锅的药液循环系统

1. 美国埃斯科（Esco）循环系统实例

锅　容　　78m^3

加热器

型　式　　双程立式列管加热器

加热面积　　57m^2

每m^3锅容的加热面积　　0.73m^2

加热管　　$\phi32\times4100$mm，136根

加热器内蒸煮液流速	2.5～3.0m/s
	7117JkJ/(m²·h·℃)〔范围为(4186～10467)KJ/cm²·h·℃〕
平均传热系数	
循环泵	
流　量	7m³/min
扬　程	12～15m
锅内蒸煮液循环强度	80～90l/(min·m³锅容)
升温期间锅内蒸煮液循环次数	12～15次
抽液箅子孔径	7～8 mm

循环装置见图4-11-7。

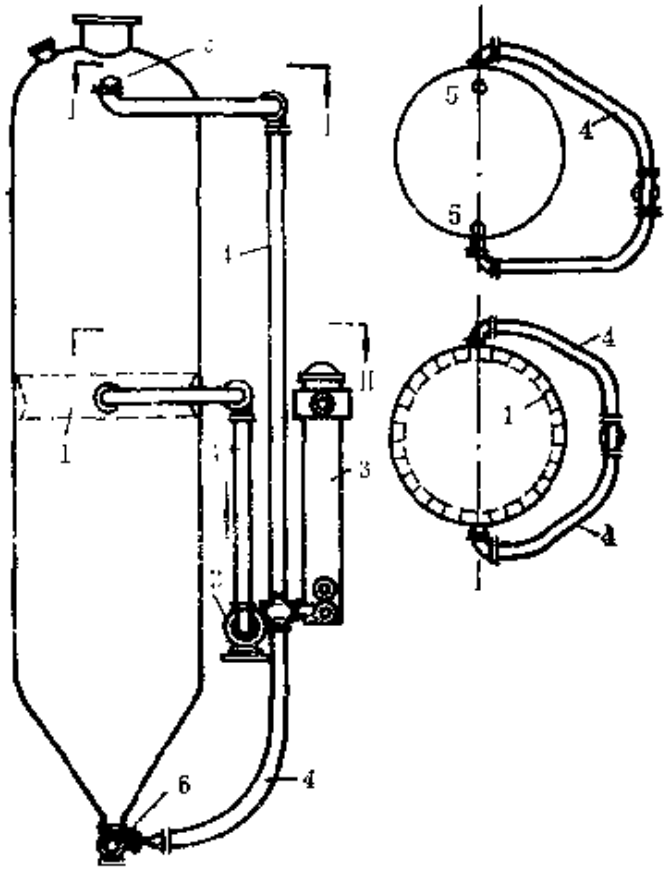


图4-11-7　美国埃斯科循环装置图

1-抽液箅子　2-循环泵　3-加热器　4-循环管路　5-上喷嘴　6-下颈部的循环口

2. 北欧莫特鲁德（Morterud）循环装置

表4-11-15　　莫特鲁德药液加热循环装置技术特征

蒸煮锅容积 (m^3)	加热器						循环泵			电动机	
	加热面积 (m^2)	每米³锅容的加热面积 (m^2)	壳体尺寸（mm）		加热管		流量 (m^3/min)	大约循环次数 (次/h)	扬程 (m)	功率 (kW)	转速 (r/min)
			直径	全高	数量	外径 (mm)					
60	27.0	0.45	600	—	36	50	6.0	11.0	15	29.5	—
85	40.0	0.47	610	—	52	50	6.5	8.5	15	—	—
95	31.9	0.34	—	—	60	50	6.5	7.5	15	—	—
105	40.0	0.38	610	6050	52	60	7.0	7.5	12	34.5	1440
125	55.0	0.44	900	4350	90	60	10.0	8.5	16	43.0	1440
125	87.0	0.70	924	5860	102	60	12.0	10.5	16	55.0	—
150	66.5	0.44	900	4975	90	60	12.0	8.5	15	59.0	1440
160	72.0	0.45	770	—	90	60	14.0	10.5	17	66.0	—

2. 北欧莫特鲁德（Morterud）循环装置

表4-11-15　　莫特鲁德药液加热循环装置技术特征

蒸煮锅容积	加热器						循环泵			电动机	
	加热面积	每米³锅容的加热面积	壳体尺寸（mm）		加热管		流量	大约循环次数	扬程	功率	转速
（m³）	（m²）	（m²）	直径	全高	数量	外径（mm）	（m³/min）	（次/h）	（m）	（kW）	（r/min）
60	27.0	0.45	600	—	36	50	6.0	11.0	15	29.5	—
85	40.0	0.47	610	—	52	50	6.5	8.5	15	—	—
95	31.9	0.34	—	—	60	50	6.5	7.5	15	—	—
105	40.0	0.38	610	6050	52	60	7.0	7.5	12	34.5	1440
125	55.0	0.44	900	4350	90	60	10.0	8.5	16	43.0	1440
125	87.0	0.70	924	5860	102	60	12.0	10.5	16	55.0	—
150	66.5	0.44	900	4975	90	60	12.0	8.5	15	59.0	1440
160	72.0	0.45	770	—	90	60	14.0	10.5	17	66.0	—

3. 绍费尔伯格（Schauffelberger）循环装置

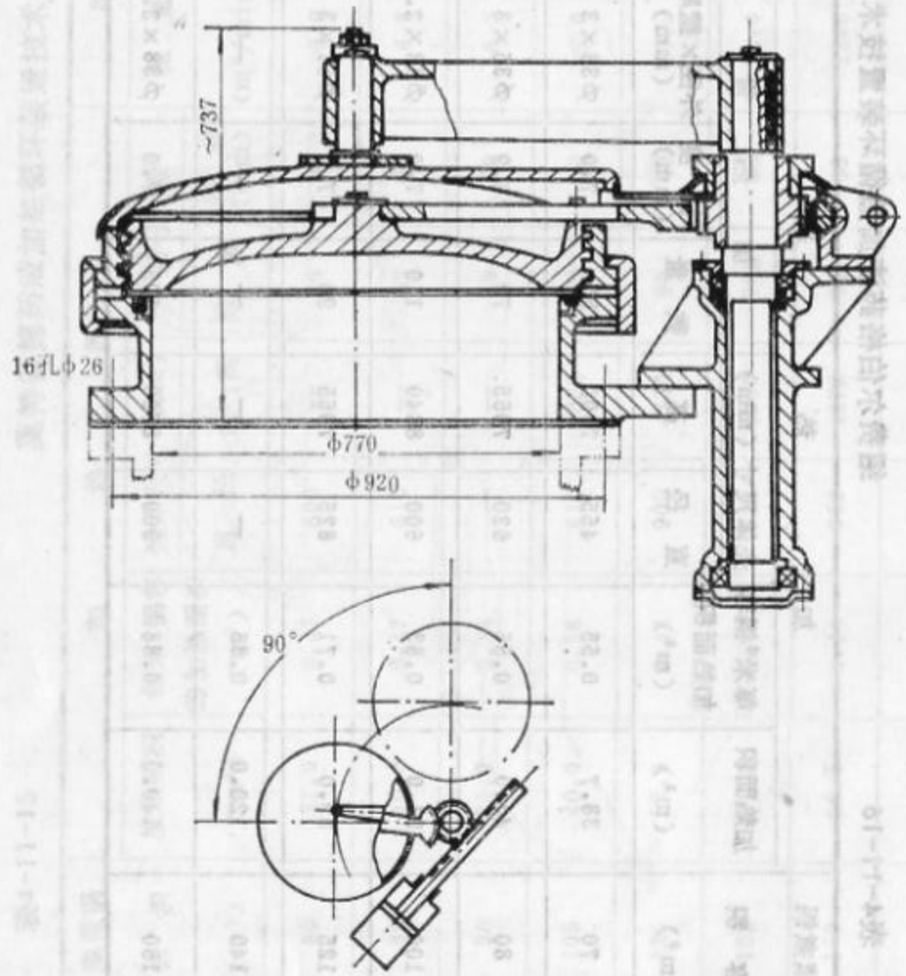
表4-11-16　　绍费尔伯格药液加热循环装置技术特征

蒸煮锅容积	加热器							循环泵			
	加热面积	每米³锅容加热面积	壳体尺寸（mm）		加热管			流量	大约循环次数	扬程	电动机功率
（m³）	（m²）	（m²）	直径	高	数量	长度（mm）	外径×壁厚（mm）	（m³/min）	（次/h）	（m）	（kW）
70	38.7	0.55	455	7900	55	7.0	φ38×3	8.0	12.5	15	34
80	44.0	0.55	620	7955	70	6.9	φ35×3	10.0	13.5	20	—
100	91.0	0.83	600	8340	110	7.0	φ38×2.5	12.0	13.0	16	65
125	89.0	0.71	825	7955	90	7.0	φ51×3	12.0	10.5	20	55
140	120.0	0.86	—	—	—	—	—	20.0	15.5	20	90
160	140.0	0.88	900	8700	195	7.0	φ38×2.5	17.0	11.5	17.5	95

三、锅盖、装锅器和锅外预浸渍装置

（一）自动锅盖

自动锅盖是立式蒸煮锅的配套附属设备。目前国内使用的自动锅盖有ZJC2和ZJC3两种(见图4-11-8)，均为液压推动。锅盖用ZG45钢铸造，最高工作压力为1176kPa(12kg/cm²)，水压试验为1764kPa(18kg/cm²)，最高工作温度180℃，其主要技术特征见表4-11-17，开闭盖动作程序见表4-11-18。



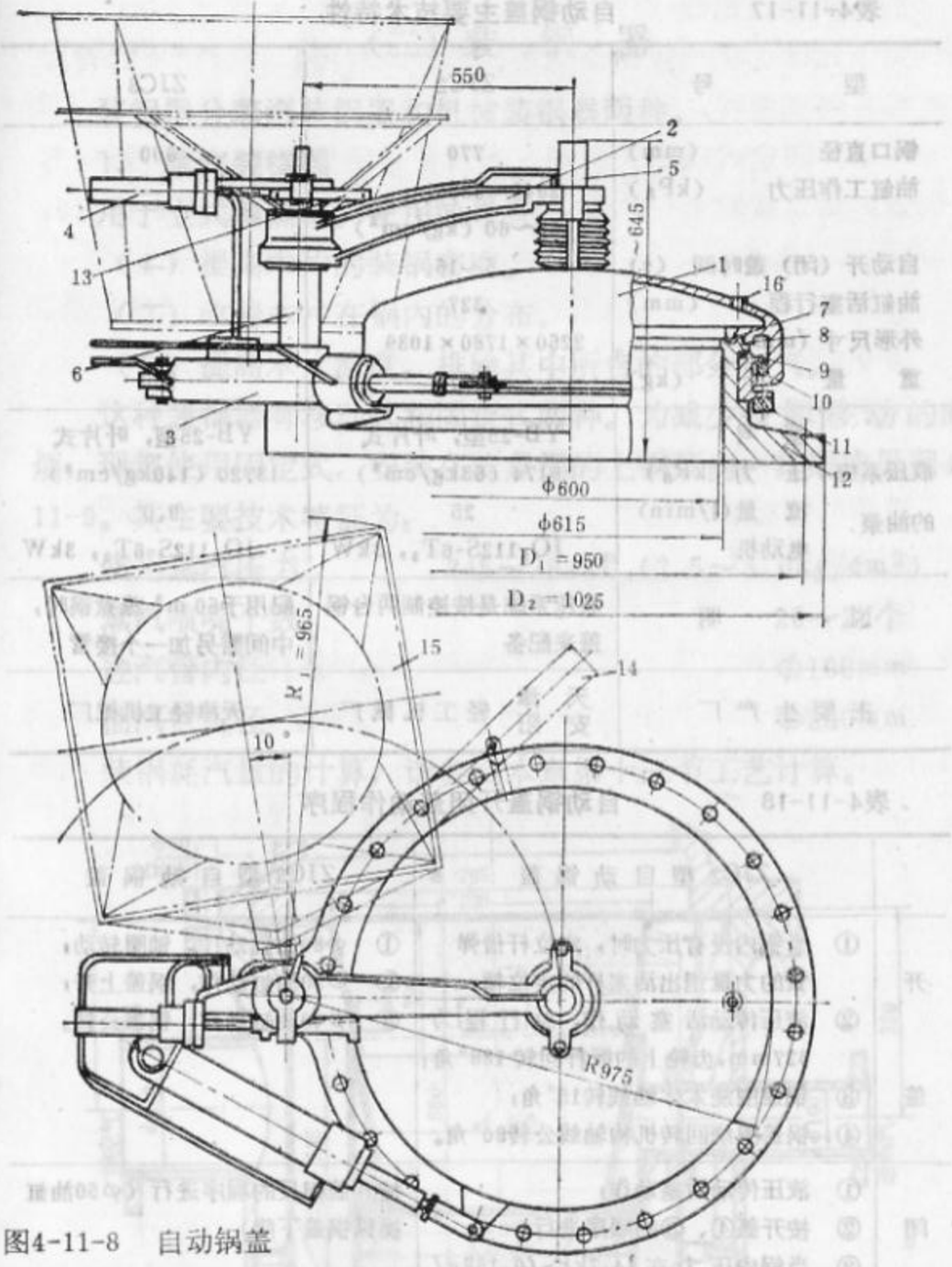


图4-11-8　自动锅盖

1-锅盖　2-悬臂吊架　3-转动锅盖液压缸　4-移动锅盖液压缸　5-升降锅盖液压缸　6-立轴　7-锅口密封垫圈　8-定位对中榫槽　9-活动锁圈　10-锁紧垫片　11-固定圈　12-锅盖颈　13-齿条　14-刷子　15-装料漏斗　16-$\frac{3''}{8}$管螺孔

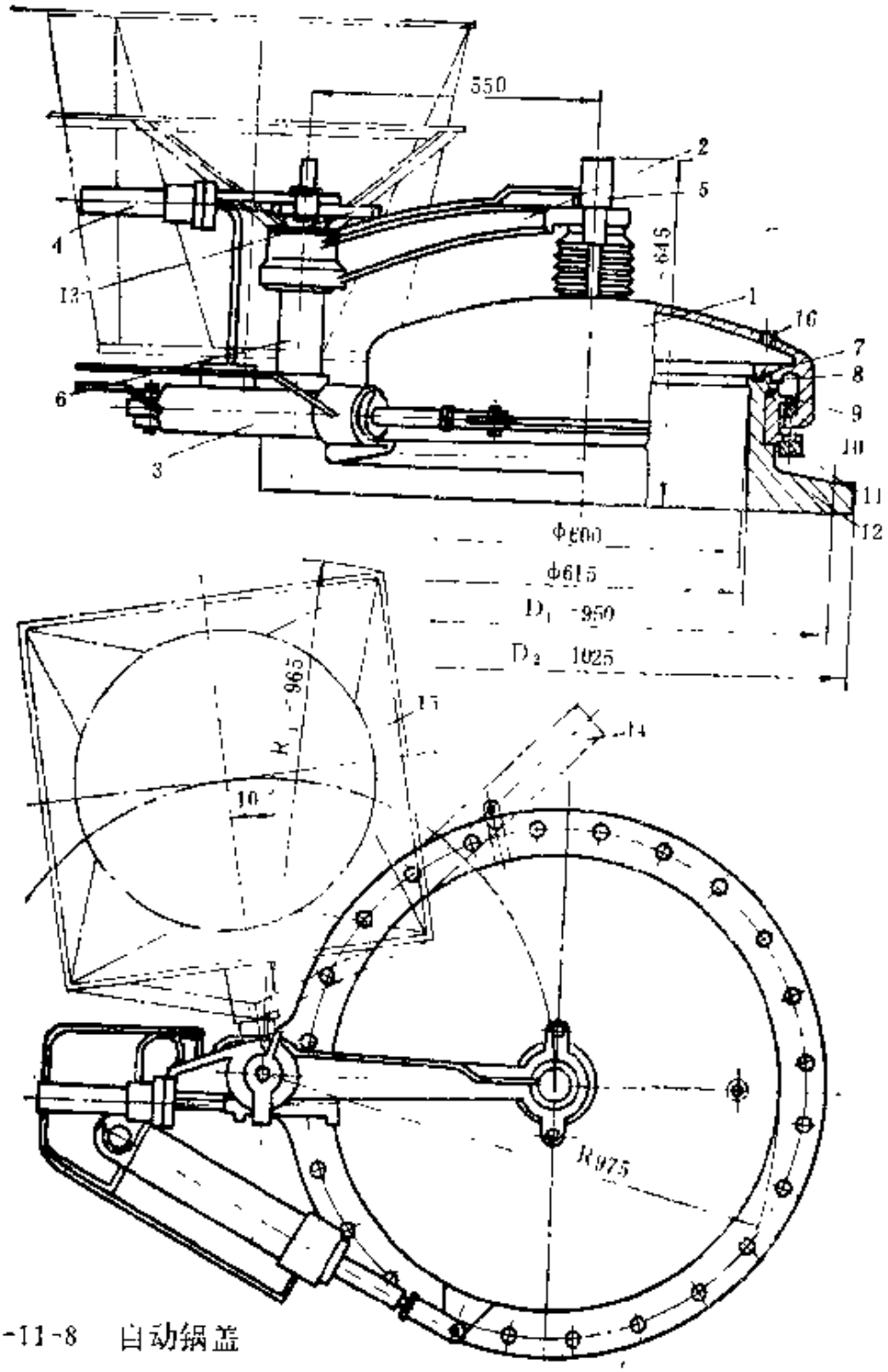


图4-11-8　自动锅盖

1-锅盖　2-悬臂吊架　3-转动锅盖液压缸　4-移动锅盖液压缸　5-升降锅盖液压缸　6-立轴　7-锅口密封垫圈　8-定位对中榫槽　9-活动锁圈　10-锁紧垫片　11-固定圈　12-锅盖领　13-齿条　14-刷子　15-装料漏斗　16-$\frac{3''}{8}$管螺孔

表4-11-17　　自动锅盖主要技术特性

型　　号		ZJC2	ZJC3
锅口直径　（mm）		770	600
油缸工作压力　（kP_a）		2940～5880 30～60（kg/cm^2）	—
自动开（闭）盖时间　（s）		5～15	—
油缸活塞行程　（mm）		327	—
外形尺寸（mm）		2250×1780×1039	—
重　　量　（kg）		1575	730
液压系统的油泵	型　号	YB-25型，叶片式	YB-25型，叶片式
	压　力（kP_a）	6174（63kg/cm^2）	13720（140kg/cm^2）
	流　量（l/min）	25	9.0
	电动机	$JO_2$112S-6T_2，3kW	$JO_2$112S-6T_2，3kW
说　　明		液压系统是按控制两台锅盖来配备	配用于50 m^3 蒸煮锅时，中间需另加一个接管
主要生产厂		天津 安阳　轻工机械厂	天津轻工机械厂

表4-11-18　　自动锅盖开闭盖动作程序

	ZJC2 型自动锅盖	ZJC3 型自动锅盖
开盖	① 当锅内没有压力时，定位杆借弹簧的力量退出活塞杆的定位槽； ② 液压传动活塞动作，总行程为327mm，齿轮上的扳杆回转188°角； ③ 锅盖围绕本体轴线转15°角； ④ 锅盖围绕回转机构轴线公转90°角。	① φ80油缸动作，锁圈转动； ② φ50油缸动作，锅盖上升； ③ φ40油缸动作，锅盖公转。
闭盖	① 液压传动活塞动作； ② 按开盖④、③的顺序进行； ③ 当锅内压力在14.7kP_a（0.15kg/cm^2）以上时，定位杆借锅内压力的作用顶入定位槽而自行锁紧。	按开盖相反的程序进行（φ50油缸操纵锅盖下降）

• ZJC2 型锅盖当液压系统发生故障时，可用长约1.2m的钢管套在扳杆上手动操作。

（二）装 锅 器

装锅器分蒸汽装锅器和机械装锅器两种。

1. 蒸汽装锅器

用于立式蒸煮锅。使用效果有：

（1）提高木片的装锅密度。

（2）改善木片在锅内的分布。

（3）提高木片温度，排除其中所含的部分空气。

这种装锅器有移动式和固定式两种。为减少装卸移动的麻烦，现都使用固定式，安装在蒸煮锅的上锅颈内。其结构见图4-11-9。其主要技术特征为：

使用蒸汽压力　　245～294kP$_a$(2.5～3.0kg/cm^2)

蒸汽喷嘴个数　　20～24个

进汽管内径　　Φ100mm

抽汽管内径　　Φ200mm

装锅耗汽量的计算，请参阅本章第十三节工艺计算。

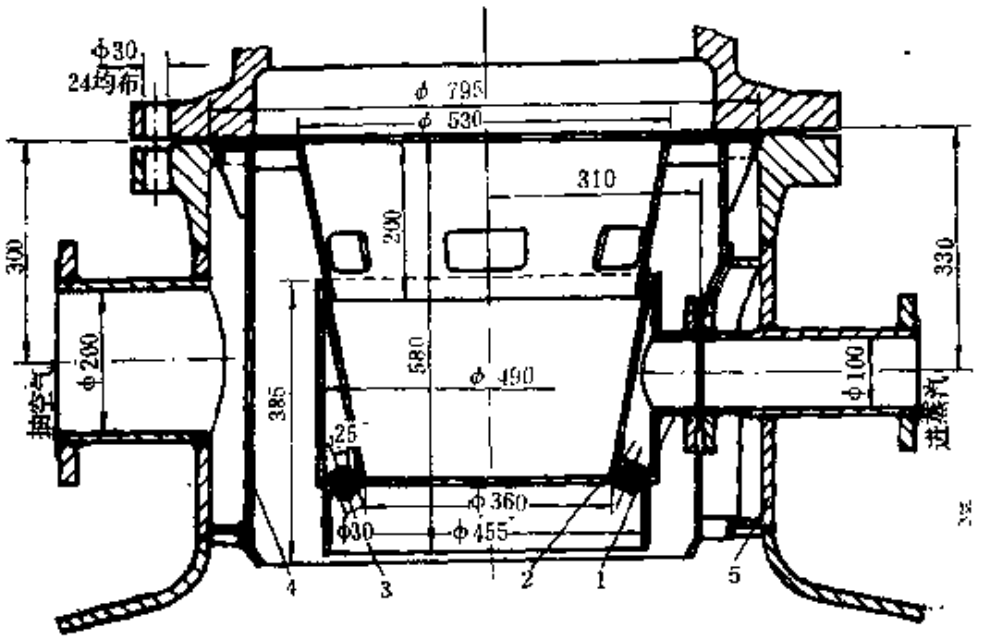


图4-11-9　蒸汽装锅器

1-进汽管　2-蒸汽分配室　3-蒸汽喷嘴　4-放汽滤网　5-上锅颈

2. 机械装锅器

用于蒸球的机械装锅器定名为蒸球装料器。目前使用的有固定式和升降式两种。

（1）固定式蒸球装料器：本设备是定型产品。装料器与方锥形装料漏斗装配为一整体。转子不能升降。结构见图4-11-10，其主要技术特征为：

型号	ZJF1
转子直径	450mm
转子转速	725r/min
方锥形装料漏斗出料口尺寸	500×800mm
漏斗与楼板配合尺寸	□1180mm
电动机	JO$_2$32-4，3kW
重量	250kg
外形尺寸	1550×1310×1640mm
主要生产厂	沈阳轻工机械二厂

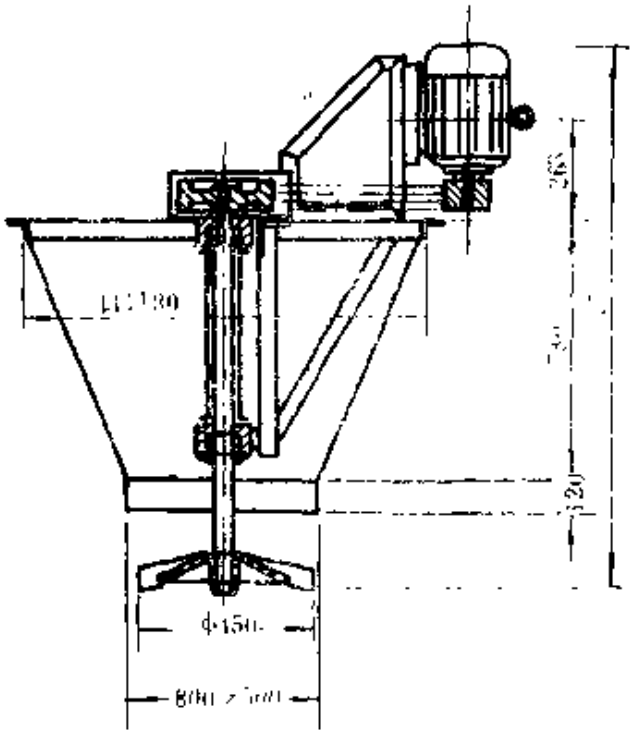


图4-11-10 ZJF1型蒸球装料器

（2）升降式蒸球装料器：这种装料器是一个独立的整体，可在滑轨上移动。装料器的转子可视球内料位的高低通过，电动或手动机构而升降。本设备不属于定型产品。

（三）黑液分离器

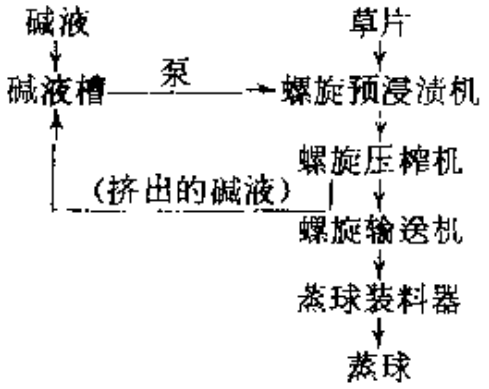
本设备是与蒸煮锅配套的附属设备，用于分离蒸汽装锅时下部排气中所带的黑液，其主要技术特征为：

器体尺寸	ϕ808×1900mm
进出口内径	316mm
外形尺寸	920×1060×2000mm
重量	400kg

（四）球外碱液预浸渍装置

草类纤维原料通过球外热碱液预浸渍，可以增加装锅量，缩短蒸煮时间，提高蒸煮均匀度，减轻劳动强度和改善操作环境，目前正在推广使用。本装置尚未定型，下述预浸渍流程和表4-11-19，图4-11-11是一个有代表性的实例。

草片碱液预浸渍系统：



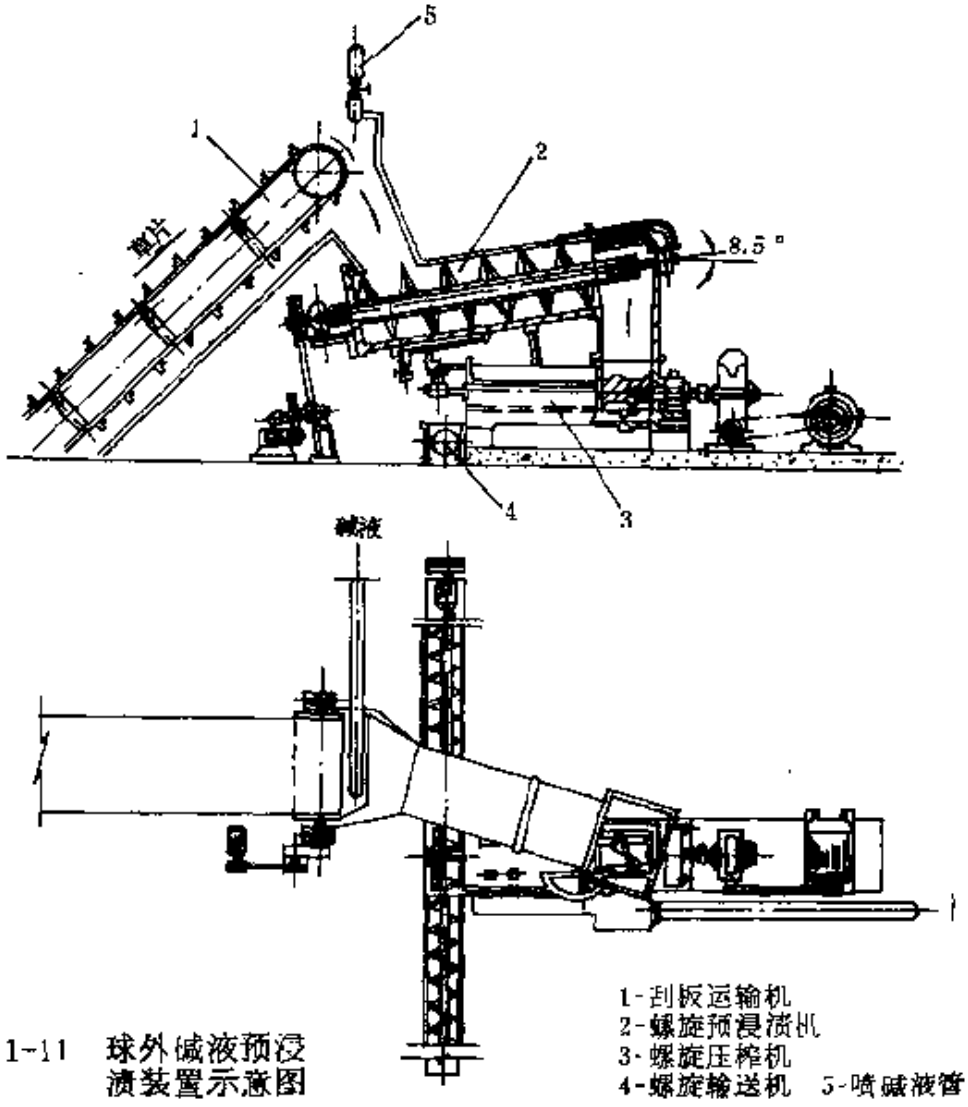
草片在本系统内停留的总时间：约40～45s

本系统的通过能力：麦草　5.1t/h

稻草　6.0t/h

表4-11-19　草片碱液预浸渍主要设备的技术特征

	螺旋预浸渍机	螺旋压榨机	螺旋输送机
全长（mm）	2500	—	5000
内径（mm）	700	—	—
螺旋直径（mm）	680	388	300
螺距（mm）	400	270，210，190，190，190，160	230
滤网孔径（mm）	—	5.0	—
转速（r/min）	110	150	52（可倒顺转）
电动机	3kW，960r/min	40kW，1480r/min	4.5kW，960r/min
安装角度	8.5°	水平	水平
备注		可用ZNJ12型螺旋挤浆机改装	



1-刮板运输机
2-螺旋预浸渍机
3-螺旋压榨机
4-螺旋输送机　5-喷碱液管

图4-11-11　球外碱液预浸渍装置示意图

四、喷放阀与喷放锅(仓)

(一) 碱法蒸煮锅的喷放阀

ZJG系列碱法蒸煮锅均配套D_g200气动喷放阀。老产品配套的手动Dg200喷放阀，因操作不便，有的纸厂已改用通用产品Q41SA-16型球阀，由气动或液压执行机构推动，实行远距离操作或程控。喷放阀的技术特征列于表4-11-20，D_g200气动喷放阀见图4-11-12。

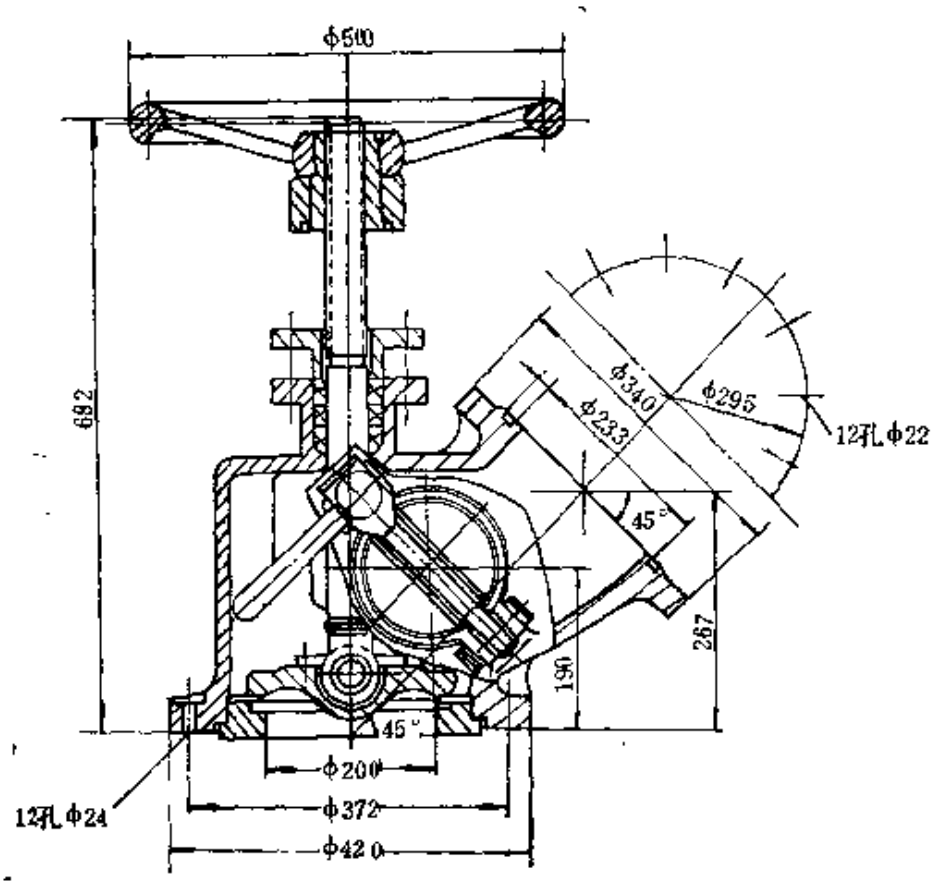


图4-11-12 D_g200气动喷放阀

表4-11-20　　蒸汽锅喷放阀主要技术特征

		Dg200	Q41SA-16 $\frac{P}{R}$ ①型球阀		附，Dg200
		气动喷放阀	Dg150	Dg200	手动喷放阀
进、出口公称直径（mm）		200	150	200	200
最大工作压力（kPa）		1176 (12kg/cm²)	1568 (16kg/cm²)		1176 (12kg/cm²)
水压试验（kPa）	强度试验		2352 (24kg/cm²)		
	密封性试验		1568 (16kg/cm²)		
最高工作温度（℃）			P型≤200 R型≤150		175
材料	阀体		P型Cr Ni Ti钢 R型Cr Ni Mo Ti钢		ZG 25
	阀芯		同上		堆焊 2Cr13
	密封圈、填料		聚四氟乙烯		
重量（kg）					166
主要生产厂			一机部通用产品		天津轻机厂

① 适用介质：Q41SA-16P为硝酸等，Q41SA-16R为醋酸等。

（二）蒸球喷放阀

D_g150球阀（见图4-11-13）是ZJQ系列蒸球的配套件，安装在蒸球的喷放管道上。老蒸球喷放阀仅适用于非轴端喷放的老式蒸球。蒸球喷放阀的主要技术特征见表4-11-21。

表4-11-21　　蒸球喷放阀的主要技术特征

		D_g150 球阀	附：老蒸球喷放阀	
			D_g150	D_g200
型号		Q41SA-16C	—	—
进口直径	(mm)	150	200	200
出口直径	(mm)	150	150	200
最大工作压力	(kP_a)	1568(16kg/cm²)	784(8kg/cm²)	784 (8kg/cm²)
水压试验 (kP_a)	强度试验	2352(24kg/cm²)	1176(12kg/cm²)	1176(12kg/cm²)
	密封性试验	1568(16kg/cm²)	784(8kg/cm²)	784(8kg/cm²)
最高工作温度	(℃)	175	175	175
材料	阀体	ZG25	ZG25	ZG25
	阀芯		1Cr18Ni9Ti	1Cr18Ni9Ti
	填料			
重量	(kg)	70	166	230
主要生产厂		天津轻机厂	天津轻机厂	天津轻机厂

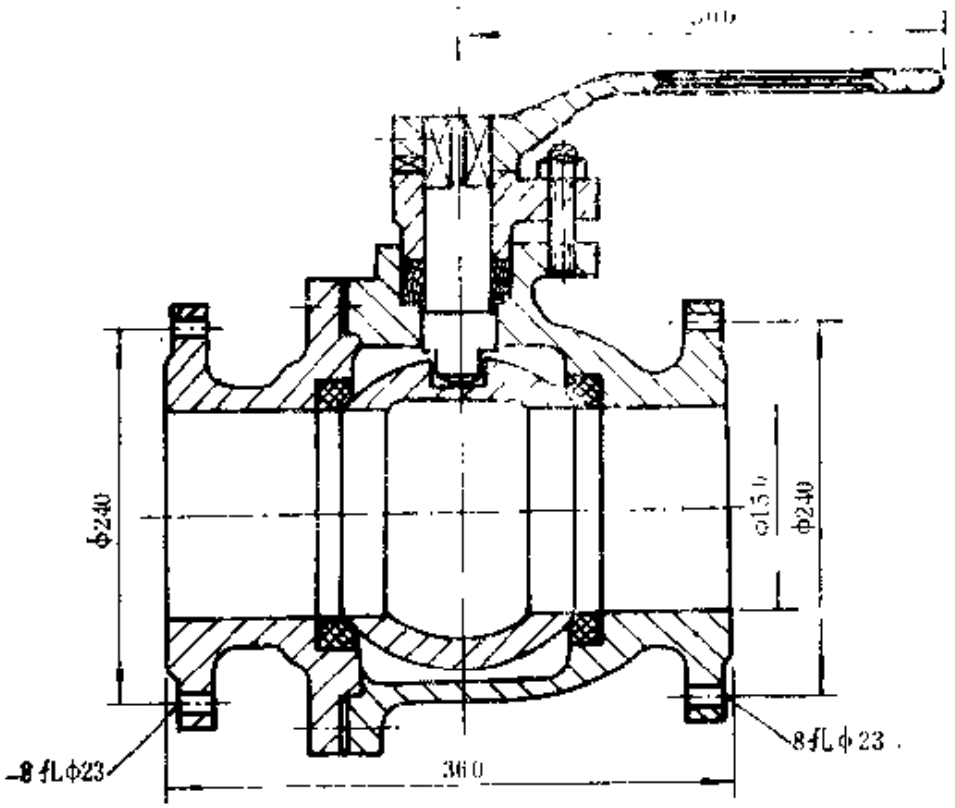


图1-11-13　Dg150球阀

（三）喷放锅和喷放仓

1. 两种喷放设备的比较

目前国产的喷放设备分为喷放锅和喷放仓两种类型，其特征和用途的比较如表4-11-22所示。

表4-11-22　　喷放设备的特征与用途比较

	喷放锅	喷放仓
型式	平底　锥底	锥底
容积（m^3）	80，150，225，300	30　50　80
进浆浓度（%）	12～14	12～14
出浆浓度（%）	3～4	约 10
出浆设备	粗浆泵	螺旋输送器
最大工作压力（kPa）	245（2.5kg/cm^2）	常压
能否配热回收装置	能配	不能配
适应流程	适应真空洗浆机、压力洗浆机等低浓度的洗浆设备	适应沟纹挤浆机、螺旋挤浆机等较高浓度的洗浆设备

2. 喷放锅

喷放锅（包括平底和锥底两种结构）是用A_3钢板焊接而成。最大工作压力为245kPa(2.5kg/cm^2)，喷放时，所受的压力约9.8kPa(1.0kg/cm^2)，最高工作温度为175℃。平底和锥底喷放锅的技术特征见表4-11-23，构造分别见图4-11-14和图4-11-15。平底喷放锅的管口尺寸见表4-11-24。

（三）喷放锅和喷放仓

1. 两种喷放设备的比较

目前国产的喷放设备分为喷放锅和喷放仓两种类型，其特征和用途的比较如表4-11-22所示。

表4-11-22　　喷放设备的特征与用途比较

	喷放锅		喷放仓
型式	平底	锥底	锥底
容积（m^3）	80，150，225，300		30　50　80
进浆浓度　（%）	12～14		12～14
出浆浓度　（%）	3～4		约 10
出浆设备	粗浆泵		螺旋输送器
最大工作压力（kPa）	245（2.5kg/cm²）		常压
能否配热回收装置	能配		不能配
适应流程	适应真空洗浆机、压力洗浆机等低浓度的洗浆设备		适应沟纹挤浆机、螺旋挤浆机等较高浓度的洗浆设备

2. 喷放锅

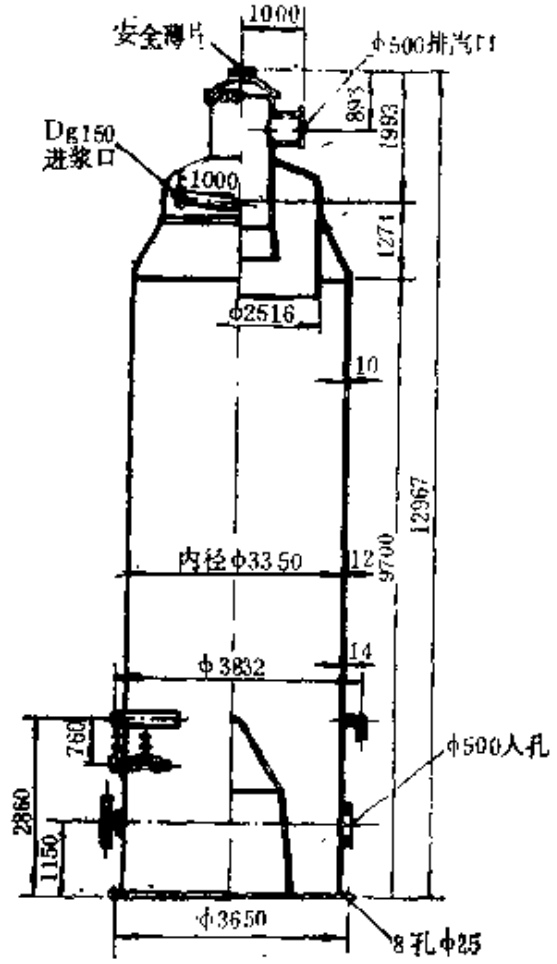
喷放锅（包括平底和锥底两种结构）是用A_3钢板焊接而成。最大工作压力为245kPa(2.5kg/cm²)，喷放时，所受的压力约9.8kPa(1.0kg/cm²)，最高工作温度为175℃。平底和锥底喷放锅的技术特征见表4-11-23，构造分别见图4-11-14和图4-11-15。平底喷放锅的管口尺寸见表4-11-24。

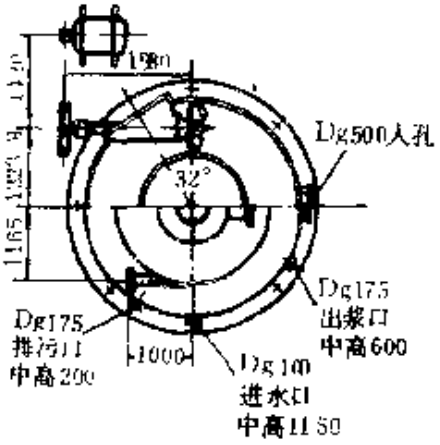
表4-11-23　　喷放锅主要技术特征

型号	平底 ZJP1	平底 ZJP2	平底 ZJP3	锥底 ZJP9
容积（m^3）	80	150	225	330
锅体直径（mm）	3350	5000	5600	6500
锅体高度（mm）	12967	16390	17000	21408（搅拌器）
循环器直径（mm）	700	686	1000	20
循环器转速（r/min）	250	250	180	
电动机1台				
型号	$JO_2$62-6	$JO_2$62-6	JR72-6	JR72-6
功率（kW）	13	13	20	20
外形尺寸（长×宽×高）（mm）	5200×4100×13320	5200×6400×16390	6500×6500×17300	68.8
重量（t）	17.3	27.7	42.9	
配套附属设备				
1. 旋浆分离器	ZJF12型	ZJF12型	ZJF12型	ZJF16型
2. 喷射冷凝器	ZJF15型	ZJF15型	ZJF16型	ZJF 7 型
3. 捕集器	ZJF 7 型	ZJF 7 型	ZJF 7 型	ZJF 7 型
主要生产厂	安阳机械厂	天津轻工机械厂	天津轻工机械厂	天津轻工机械厂

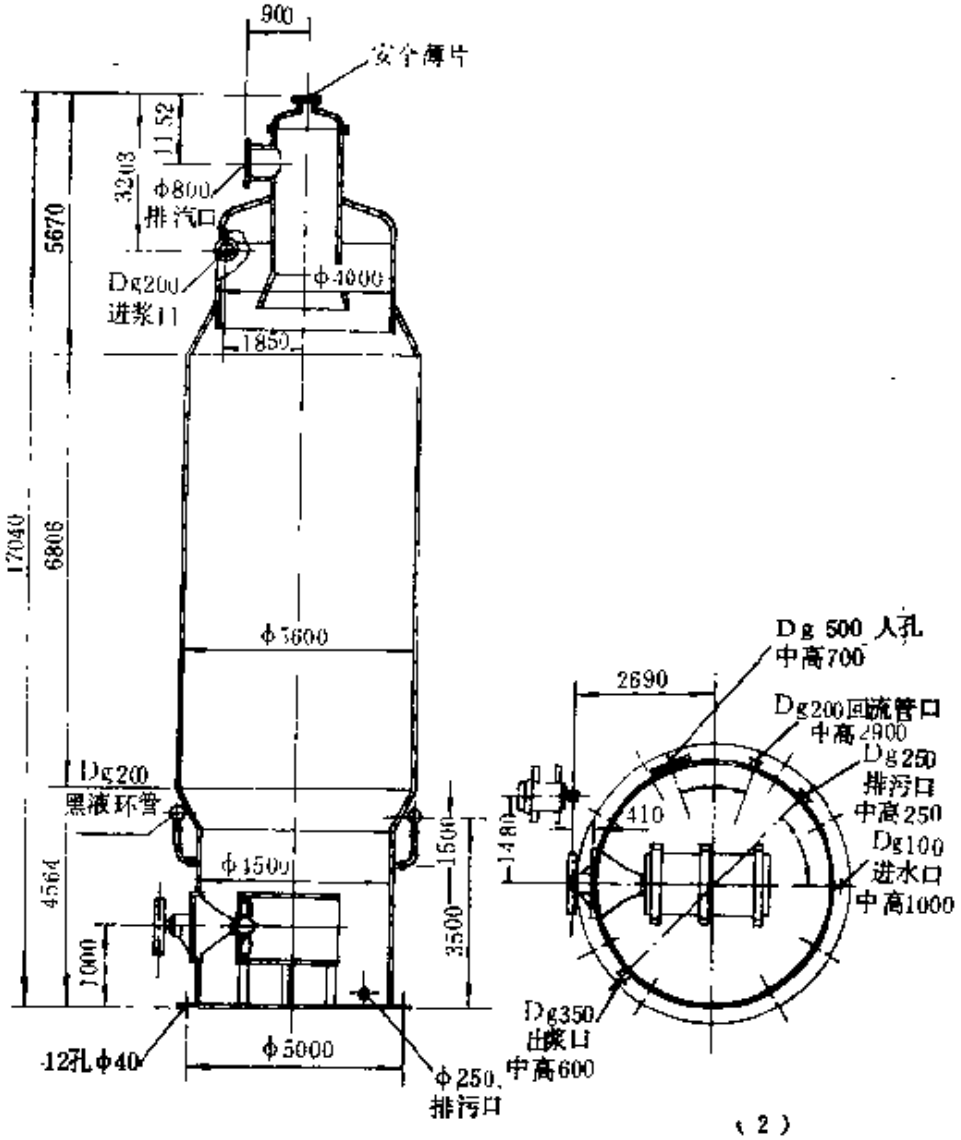
表4-11-24　　平底喷放锅管口尺寸

型号和容积	ZJP1型 80（m³）	ZJP2型 150（m³）	ZJP3型 225（m³）
管接口直径　（mm）			
进浆口	150	200	200
出浆口	175	300	350
回流浆管	—	—	200
黑液环管	150	200	200
清水或黑液进口	100	150	100
排汽口	500	600	800
排污口	175	200	250
黑液喷嘴			
直径　（mm）	25	15	20
个数　（个）	6	—	8
人孔直径　（mm）	500	500	500





（1）


900
安全薄片
1152
3203
φ800
排汽口
5670
Dg200
进浆口
φ4000
1850
17040
6806
φ5600
Dg200
黑液环管
φ1500
4564
1000
1500
3500
12孔φ40
φ5000
φ250
排污口
Dg 500 人孔
中高700
2690
Dg200回流管口
中高2900
Dg250
排污口
中高250
410
1480
Dg100
进水口
中高1000
Dg350
出浆口
中高600

（2）

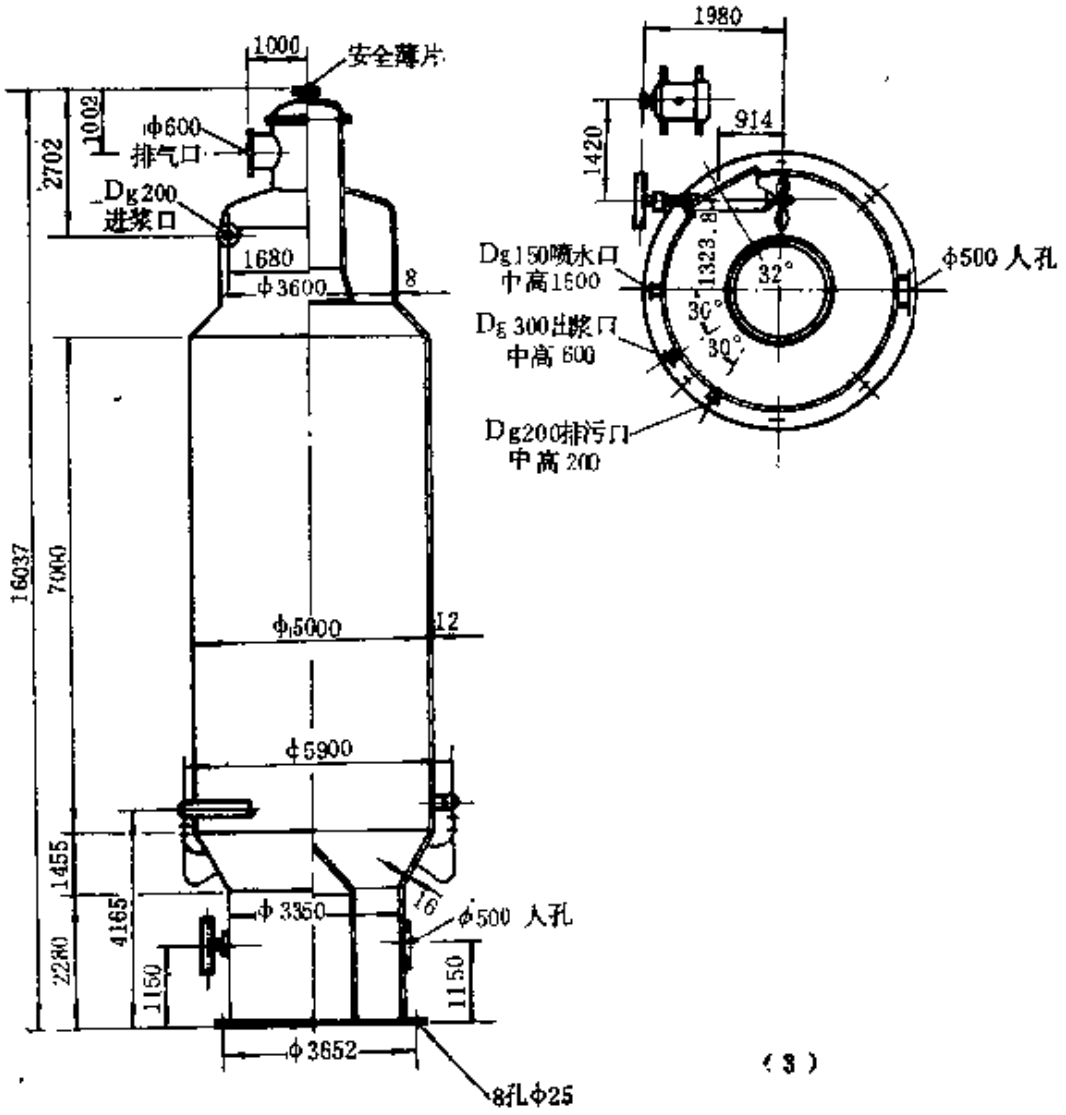


图4-11-14　80m³、225m³、150m³平底喷放锅

（1）80m³　（2）225m³　（3）1500m³

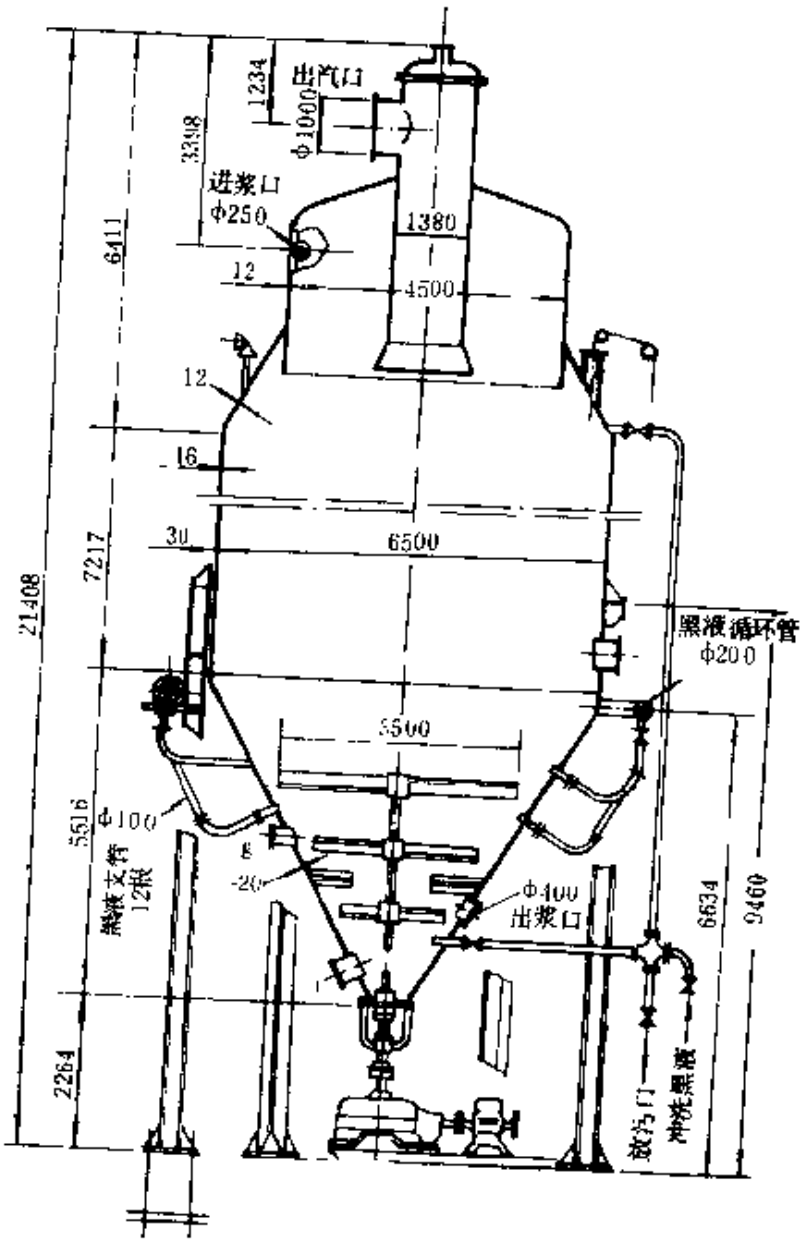


图4-11-15　锥衣喷放锅

3. 喷放仓

喷放仓是用A_3钢板焊接的常压容器，其技术特征见表 4-11-25，结构见图4-11-16。

表4-11-25　　喷 放 仓 主 要 技 术 特 征

型　　号		ZJP11	ZJP12	ZJP13
容　　积	(m^3)	30	50	80
仓体外径	(mm)	3000	3000	3600
仓体高度	(mm)	9160	11860	12860
壁　　厚	(mm)	8	8	
进料管直径	(mm)	15	15	
出料螺旋直径	(mm)	420	420	420
出料螺旋转速	(r/min)	8	8	16
电 动 机		JO_241-4，4kW	JO_241-4，4kW	JO_251-4，7.5kW
减 速 箱		JZQ350-V-IZ i=20.49	JZQ350-V-IZ i=20.49	JZQ400-V-IZ i=20.49
外形尺寸	(mm)	4650×3000×9190	4650×3000×11890	5000×3600×12860
重　　量	(kg)	6300	7900	9910
主要生产厂		安 阳 机 械 厂	安 阳 机 械 厂	安 阳 机 械 厂

4. 喷放锅（仓）与蒸煮锅的配套与使用注意事项

喷放锅的有效容积一般为蒸煮锅容积的三倍，国产喷放锅系列均按此比例确定容积。国外一般是3～3.2倍*（见表4-11-26）。

表4-11-26　　国外蒸煮锅与喷放锅配套实例

蒸煮锅容积（m³）	72	85	100	114	128	142	156
喷放锅有效容积（m³）	225	270	320	360	400	440	480
喷放锅与蒸煮锅容积比	3.13	3.18	3.2	3.16	3.12	3.1	3.08

通常是2～3个蒸煮锅配置一个喷放锅。

小型喷放锅和喷放仓一般与蒸球配套使用，其容积大约是蒸球容积的两倍。

喷放锅（仓）使用时应注意：

① 喷放时，喷放锅(仓)内的空间必须是蒸煮锅容积的1.5倍以上，否则容易跑浆。

② 为防止锥底喷放锅的搅拌器受损伤，喷放时，喷放锅内最低的浆面必须比下锥部高出0.5～1.5m（见图4-11-16）。如果喷放锅是空的，需将下锥部灌满黑液。

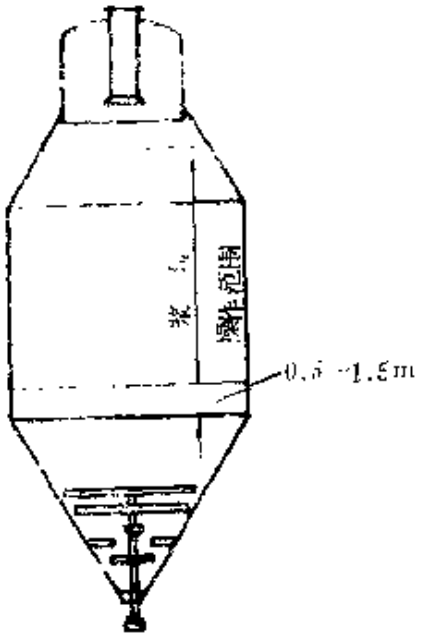


图4-11-16　锥底喷放锅浆位操作范围示意图

5. 喷放锅（仓）的出料设备

（1）旋浆分离器：旋浆分离器是喷放锅的附属设备，安装在喷放锅到出浆泵之间的浆管上，用以除去较大的重物。本设备是A_3钢板焊成（见图4-11-17），其主要技术特征见表4-11-27。

*但也有采用2.3倍的例子，如某厂进口复合钢板170米³蒸煮锅配400米³喷放锅。

表4-11-27　旋浆分离器技术特征

型号	ZJF12
器体内径	1350 mm
总高度	1750 mm
进浆口直径	500 mm
出浆口直径	250 mm
重量	550 kg
主要生产厂	安阳机械厂　天津轻工机械厂

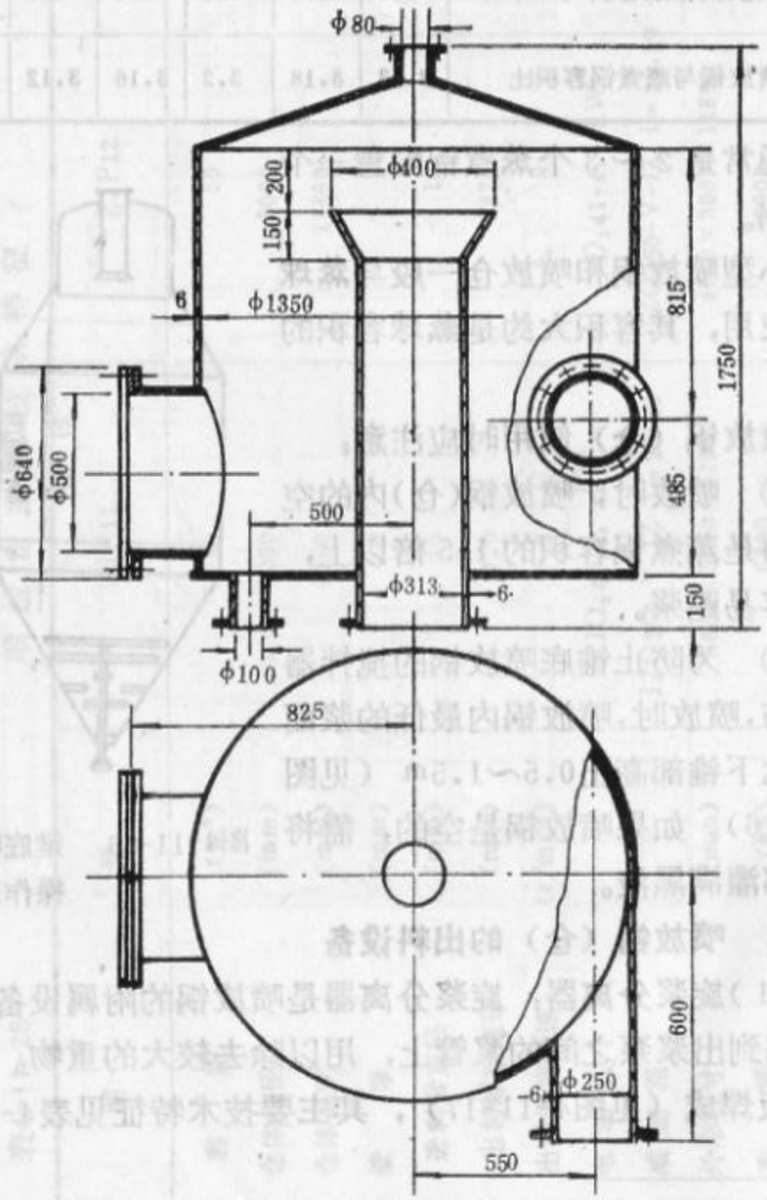


图4-11-17　ZJF12型旋浆分离器

（2）捕杂器：捕杂器是非定型设备，它安装于喷放仓与沟纹挤浆机之间的浆管上，用以保护沟纹挤浆机的辊子不被铁、石块损坏。捕杂器内有用Φ12圆钢制造的箅子，箅子间距应比沟纹挤浆机两辊子之间的间隙小2～3 mm。使用时应定期清除杂物。

（3）出浆设备：喷放锅出浆可选用粗浆泵。常用的是ZBJ系列浆泵。

喷放仓用仓底部的螺旋输送器出料。

五、热回收装置

浆料喷放时，每吨浆闪蒸的蒸汽量约为1t，这部分热量可冷凝为热水加以利用。

（一）热回收系统

冷凝方法有间接法和直接法两种。前者由于配用的表面冷凝器易被闪蒸蒸汽带来的纤维所堵塞，因此国内很少采用。

直接冷凝法是使用喷射冷凝器将喷放的蒸汽直接冷凝成为温度约90℃的污热水，然后进行直接利用或间接利用。

间接利用是将污热水经过换热器把热量传递给清水，得到60℃左右的清洁热水，用于洗浆和漂白，流程见图4-11-18。

（二）旋浆分离器

旋浆分离器是喷放锅的附属设备，安装在喷放锅与冷凝器之间的蒸汽管道上，用以分离喷放蒸汽所带的纤维。本设备是A_3钢板焊接而成（见图4-11-19），技术特征见表4-11-28。

（2）捕杂器：捕杂器是非定型设备，它安装于喷放仓与沟纹挤浆机之间的浆管上，用以保护沟纹挤浆机的辊子不被铁、石块损坏。捕杂器内有用Φ12圆钢制造的箅子，箅子间距应比沟纹挤浆机两辊子之间的间隙小2～3 mm。使用时应定期清除杂物。

（3）出浆设备：喷放锅出浆可选用粗浆泵。常用的是ZBJ系列浆泵。

喷放仓用仓底部的螺旋输送器出料。

五、热回收装置

浆料喷放时，每吨浆闪蒸的蒸汽量约为1t，这部分热量可冷凝为热水加以利用。

（一）热回收系统

冷凝方法有间接法和直接法两种。前者由于配用的表面冷凝器易被闪蒸蒸汽带来的纤维所堵塞，因此国内很少采用。

直接冷凝法是使用喷射冷凝器将喷放的蒸汽直接冷凝成为温度约90℃的污热水，然后进行直接利用或间接利用。

间接利用是将污热水经过换热器把热量传递给清水，得到60℃左右的清洁热水，用于洗浆和漂白，流程见图1-11-18。

（二）旋浆分离器

旋浆分离器是喷放锅的附属设备，安装在喷放锅与冷凝器之间的蒸汽管道上，用以分离喷放蒸汽所带的纤维。本设备是A_3钢板焊接而成（见图1-11-19），技术特征见表4-11-28。

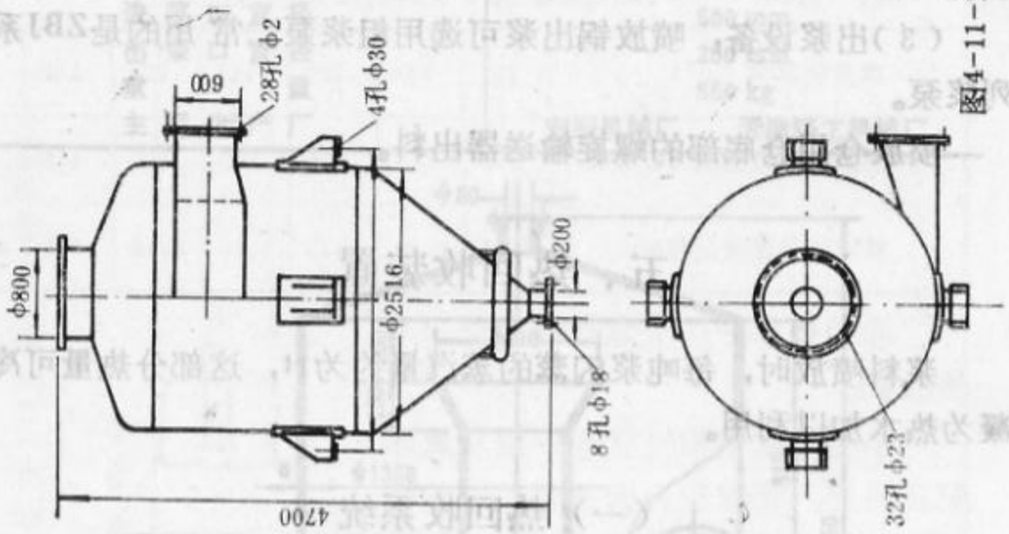


图4-11-19 旋浆分离器

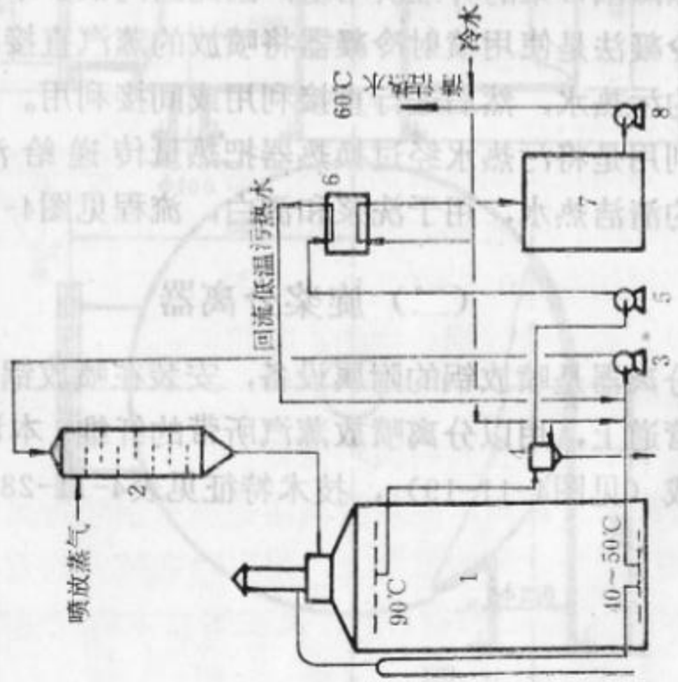


图4-11-18 喷放热回收流程图

1-污热水槽 2-喷射冷凝器 3-冷凝水泵 4-过滤器
5-污热水泵 6-换热器 7-热水槽 8-热水泵

表4-11-28 旋浆分离器主要技术特征

型号	ZJF 13
器体内径	2500mm
器体高度	4700mm
进汽口直径	600mm
出汽口直径	800mm
出浆口直径	200mm
重量	2870kg
主要生产厂	安阳机械厂 天津轻工机械厂

（三）喷射式冷凝器

喷射式冷凝器是喷放锅的附属设备，用于喷放热回收。它的作用是把旋浆分离器来的喷放蒸汽直接冷凝为90℃左右的污冷凝水。本设备是用A_3钢板焊接而成的常压设备。其构造见图4-11-20，技术特征见表4-11-29。

表4-11-29 喷射式冷凝器主要技术特征

型号	ZJF15	ZJF16
器体内径 (mm)	1150	1400
器体高度 (mm)	5228	5450
冷凝能力 (kg/min)	1200	1800
重量 (kg)	2300	2860
适用于喷放锅的容积(m^3)	225	330
主要生产厂	天津轻工机械厂 安阳机械厂	天津轻工机械厂 安阳机械厂

表4-11-28　　旋浆分离器主要技术特征

型　　号	ZJF 13
器体内径	2500mm
器体高度	4700mm
进汽口直径	600mm
出汽口直径	800mm
出浆口直径	200mm
重　　量	2870kg
主要生产厂	安阳机械厂
	天津轻工机械厂

（三）喷射式冷凝器

喷射式冷凝器是喷放锅的附属设备，用于喷放热回收。它的作用是把旋浆分离器来的喷放蒸汽直接冷凝为90℃左右的污冷凝水。本设备是用A_3钢板焊接而成的常压设备。其构造见图 4-11-20，技术特征见表4-11-29。

表4-11-29　　喷射式冷凝器主要技术特征

型　　号		ZJF15	ZJF16
器体内径	(mm)	1150	1400
器体高度	(mm)	5228	5450
冷凝能力	(kg/min)	1200	1800
重　　量	(kg)	2300	2860
适用于喷放锅的容积(m^3)		225	330
主要生产厂		天津轻工机械厂	天津轻工机械厂
		安阳机械厂	安阳机械厂

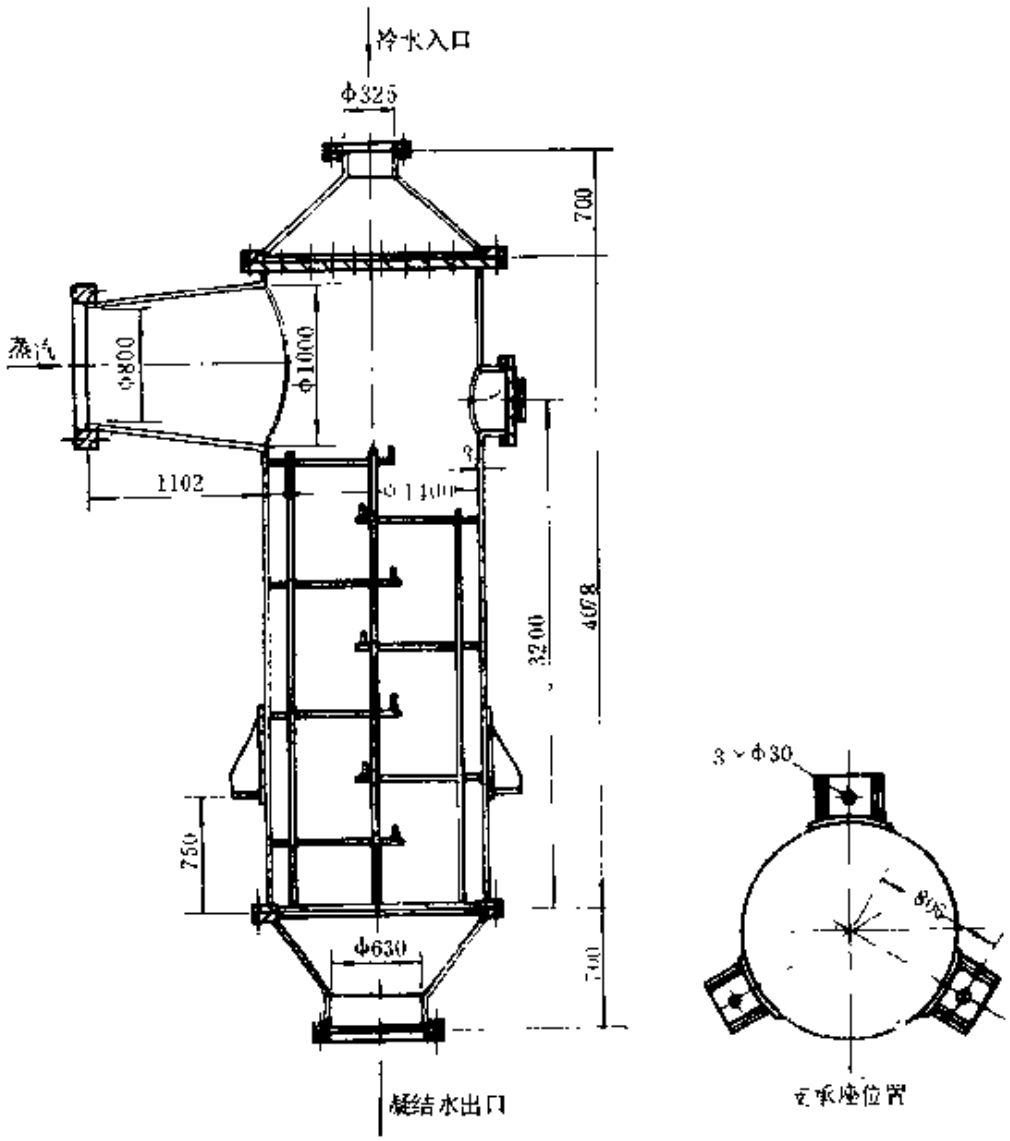


图4-11-20　喷射式冷凝器

（四）污热水过滤器

污热水过滤器的技术特征见表4-11-30。

表4-11-30　　污热水过滤器主要技术特征

型　　号	ZJF 10
尺　　寸	φ600×885mm
过滤面积	0.6m²
工作压力	常　　压
工作温度	90℃
主要材料	A₃
外形尺寸	850×800×885mm
重　　量	108kg
主要生产厂	安阳机械厂

（五）换　热　器

喷放热回收系统中的换热，过去多使用螺旋式换热器，但流通污热水一侧的板面结垢严重，甚至堵塞，清除不便。新型的热回收系统采用传热效率高、分解和清洗方便的板壳式换热器。

（六）污热水槽

污热水槽是用以收集来自喷射冷凝器的污冷凝水的常压容器，其主要技术特征见表4-11-31，构造见图4-11-21，尺寸列于表4-11-32。

表4-11-31　　污热水槽主要技术特征

型　　号	ZTZ 25	ZTZ 26
容　　积（m³）	150	200
槽体尺寸（mm）	φ4500×10000	φ4890×10900
重　　量（kg）	12400	21000
主要生产厂	安阳机械厂 天津轻工机械厂	安阳机械厂 天津轻工机械厂

表4-11-32　　污 热 水 槽 尺 寸 表

	主 要 尺 寸 (mm)								接 管 口 直 径 (mm)				
	D	H	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	S	污冷凝水进口 d_1	排气口 d_2	高温污热水出口 d_3	低温污热水进、出口 d_4	溢流管口 d_5
ZTZ25	4,500	11,722	10,000	1,095	9,490	600	680	上6 下8	500	500	140	300	114
ZTZ26	5,200	13,264	10,900	—	10,710	—	678	—	600	500	165	377	165

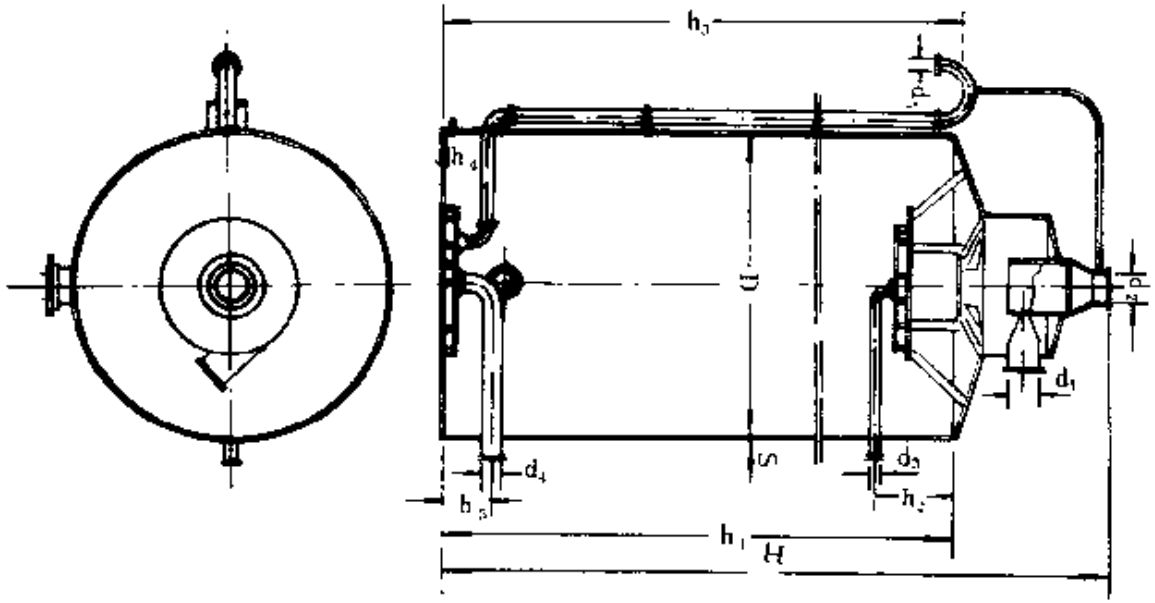


图4-11-21　污热水槽

（七）污热水槽与蒸煮锅的配套

污热水收集槽的容积指标：1.5～3m³锅容

每个槽可配套的蒸煮锅台数：2～4台

配套实例见表4-11-33。

表4-11-33　　蒸煮锅与污热水槽配套

蒸煮锅容积	50m³	75m³	110m³
蒸煮锅台数①（台）	4	4	4
污热水槽容积指标（m³/m³锅容）	2	2	2
应配污热水槽容积（m³）	100	150	220
冷凝液贮备时间（h）	约4.5	约3	约3
选用污热水槽的型号	ZTZ 25	ZTZ 25	ZTZ 26
选用污热水槽的容积（m³）	150	150	200

① 若锅的台数增减，则冷凝液的贮备时间与之成反比例增减。

第十二节　连续蒸煮

一、概　　述

国外自从1950年第一台用于化学浆的连续蒸煮器投产以来，连续蒸煮技术的应用和研究发展很快，到目前为止，全世界纸浆总产量的一半是用连续蒸煮器生产出来的。现在国外大型的硫酸盐木浆厂在新建或进行较大规模扩建时，多采用连续蒸煮器。

连续蒸煮与间歇蒸煮各具特色。普遍认为，连续蒸煮的优点在于：

（1）对大型蒸煮设备来说，连续蒸煮设备的基建投资及运行费用较低。

（2）占地面积较小。

（3）能耗较低，且汽、电消耗均衡，避免了高峰负荷。

（4）耗人力较少。但对于高度自动化的间歇蒸煮设备，两者差距不大。

（5）蒸煮的均匀性较好，甚至在煮大木片时，筛渣也较少。但两种蒸煮方法纸浆的得率和强度，无显著的差别。

连续蒸煮的缺点是：

（1）生产的灵活性和可靠性不如间歇蒸煮。

（2）在使用细碎的木片时，对生产的影响，连续蒸煮大于间歇蒸煮。

（3）松节油回收率较低。

连续蒸煮器主要用于碱法和中性亚硫酸盐法蒸煮。对于某种型式的蒸煮器，也可用于预水解硫酸盐法和亚硫酸盐法蒸煮。在原料使用上，对木材、锯屑、一年生植物及农副产品原料等均能适应。对于结构疏松、易于浸透和蒸煮的非木材纤维原料，如蔗渣、苇、荻、麦草等更宜采用连续蒸煮。

国外连续蒸煮器的牌号很多，按型式分大致可分为立式、横管式和斜管式三类。我国从五十年代开始先后设计和制造了各种型式的小型连续蒸煮设备。

本节仅就国内常用的和国外具有代表性的卡米尔（立式）、潘迪亚和荻菲布莱特（横管式）以及鲍尔M&D（斜管式）等牌号的连续蒸煮器作简要的介绍。

二、国内连续蒸煮技术

现将现行通用的ZJL1型横管式、60t/d潘迪亚式和10t/d立管式等三种连续蒸煮设备及制浆工艺简介如下：

（一）ZJL1型横管式连续蒸煮器

1. 适用范围

用于草类纤维原料碱法制浆。

2. 主要技术参数

（4）耗人力较少。但对于高度自动化的间歇蒸煮设备，两者差距不大。

（5）蒸煮的均匀性较好，甚至在煮大木片时，筛渣也较少。但两种蒸煮方法纸浆的得率和强度，无显著的差别。

连续蒸煮的缺点是：

（1）生产的灵活性和可靠性不如间歇蒸煮。

（2）在使用细碎的木片时，对生产的影响，连续蒸煮大于间歇蒸煮。

（3）松节油回收率较低。

连续蒸煮器主要用于碱法和中性亚硫酸盐法蒸煮。对于某种型式的蒸煮器，也可用于预水解硫酸盐法和亚硫酸盐法蒸煮。在原料使用上，对木材、锯屑、一年生植物及农副产品原料等均能适应。对于结构疏松、易于浸透和蒸煮的非木材纤维原料，如蔗渣、苇、荻、麦草等更宜采用连续蒸煮。

国外连续蒸煮器的牌号很多，按型式分大致可分为立式、横管式和斜管式三类。我国从五十年代开始先后设计和制造了各种型式的小型连续蒸煮设备。

本节仅就国内常用的和国外具有代表性的卡米尔(立式)、潘迪亚和荻菲布莱特（横管式）以及鲍尔 M&D(斜管式）等牌号的连续蒸煮器作简要的介绍。

二、国内连续蒸煮技术

现将现行通用的ZJL1型横管式、60t/d潘迪亚式和10t/d立管式等三种连续蒸煮设备及制浆工艺简介如下：

（一）ZJL1型横管式连续蒸煮器

1. 适用范围

用于草类纤维原料碱法制浆。

2. 主要技术参数

生产能力　20～25t/d（风干浆）

蒸煮压力　588kP$_a$(6kg/cm^2)（最高980kP$_a$即10kg/cm^2）

蒸煮时间　～30min

设备重量　41,300kg

3. 生产流程

见图4-12-1。

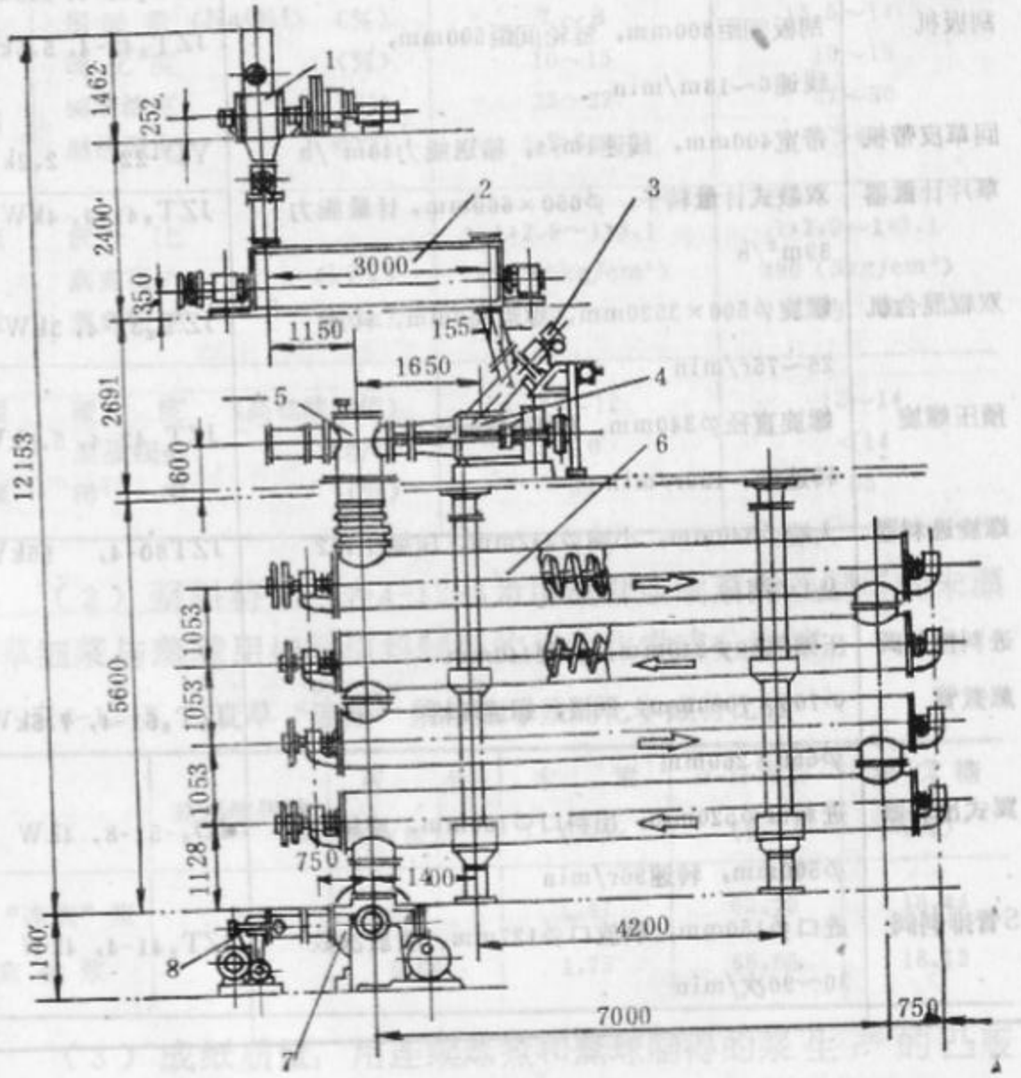


图4-12-1　ZJL1型横管式连续蒸煮生产流程图

1-草片计量器　2-双辊混合机　3-预压螺旋　4-螺旋进料器　5-气动止逆阀　6-蒸煮管　7-热磨机　8-弯管喷放阀

4. 主要设备的技术特征

列于表4-12-1。

表4-12-1　ZJL1型横管式连续蒸煮器技术特征表

设备名称	主　要　规　格	电　动　机
料　仓	容积60m³，长7m，宽3.6m，高4m	JZT₂42-4，5.5kW
刮板机	刮板间距800mm，链轮间距500mm，线速6～18m/min	JZT₂42-4，5.5kW
回草皮带机	带宽400mm，线速1m/s，输送能力40m³/h	YD-22　2.2kW
草片计量器	双鼓式计量转子，φ650×660mm，计量能力39m³/h	JZT₂41 4，4kW
双辊混合机	螺旋φ500×3520mm，螺距560mm，转速25～75r/min	JZT₂32-4，3kW
预压螺旋	螺旋直径φ340mm，螺距255mm，转速60～120r/min	JZT₂42 1，5.5kW
螺旋进料器	大端φ340mm，小端φ242mm，压缩比1:2及1:3两种	JZT80-4，　55kW
进料控制阀	压缩气缸φ240mm，行程440mm	
蒸煮管	φ700×7000mm，四根，螺旋规格φ650×260mm	JZT₂51-4，7.5kW
翼式出料器	进料口φ520mm，出料口φ100mm，旋转叶片φ500mm，转速96r/min	JO₂-51-8，4kW
S管排料阀	进口φ150mm，喷放口φ127mm，喷放次数30～90次/min	JZT₂41-4，4kW

5. 生产应用实例

（1）工艺技术条件，列于表4-12-2。

表4-12-2　　稻麦草连续蒸煮工艺技术条件

			稻草	麦草
原料	长度	(mm)	20～40	20～40
	合格率	(%)	>85	>85
	水分	(%)	15～40	15～40
配碱	用碱量(Na_2O)	(%)	7～8	13.5～14.5
	硫化度	(%)	10～15	10～15
	碱液浓度	(g/l)	23～27	47～50
	碱液温度	(℃)	>60	>60
蒸煮	液比		1:2.9～1:3.1	1:2.9～1:3.1
	蒸煮压力	(kPa)	490 (5kg/cm²)	490 (5kg/cm²)
	蒸煮时间	(min)	约 30	约 30
粗浆	硬度	(高锰酸钾值)	10～12	12～14
	黑液残碱	(g/l)	<6	<14
	得率	(%)	53	53

（2）浆料特征：表4-12-3为用横管连续蒸煮器制得的未漂麦草细浆与蒸球用相同原料制得的浆的化学成分比较。

表4-12-3　麦草“连蒸”浆与蒸球浆的化学成分比较

	高锰酸钾值	灰分 (%)	木素 (%)	α-纤维素 (%)	聚戊糖 (%)
“连蒸”浆	9.8	5.3	1.67	65.79	16.44
蒸球浆	10.1	6.68	1.75	65.66	18.12

（3）成纸质量：用连续蒸煮和蒸球制得的浆生产的凸版纸，其质量比较列于表4-12-4。

（4）技术经济指标：用“连蒸”与蒸球生产的硬度相近的麦草浆，每吨风干粗浆的主要物耗和技经指标比较列于表4-12-5。

表4-12-4　“连蒸”浆和蒸球浆成纸质量比较①

指　　标	二号凸版纸质量要求	实际	
		“连蒸”浆	蒸球浆
纤维配比	—	麦草浆100%	麦草浆70% 稻草浆30%
定　　量　(g/m²)	52^{+3}_{-3}	54	54
紧　　度　(g/cm³)	≥0.6	0.74	0.80
施 胶 度　(mm)	≥0.25	0.5	0.75
白　　度　(%)	≥60	75	70
平均裂断长　(m)	≥1800	4070～4150	2880～3350
横向耐折度　(次)	≥2	3.0	2.4
尘 埃 度　(个/m²)	0.5～2.0mm　<500	3.2	176
	1.0～1.5mm 黑色尘埃　<16	0	0
	>2.0mm黑色尘埃　不许有	0	0
	2.0～3.0mm黄色尘埃　<6	0	0

在1575长网多缸造纸机上抄造，车速110～127m/min。

表4-12-5　“连蒸”浆和蒸球浆主要技术经济指标比较

	麦　草 (风干) kg	烧　碱 (折100%) kg	硫化碱 (折100%) kg	蒸　汽 (t)	电 (kW·h)	单位锅容产浆量 〔kg/(m³·h)〕
连续蒸煮	1920～2020	182～208	31～36	1.8～2.1	67	70.0
蒸　球	2440	220	54	—	11	17.1

（二）60t/d横管式连续蒸煮器

1. 设备牌号及制造国

汤培拉-潘迪亚(Tampella-Pandia)连续蒸煮器，芬兰产。

2. 适用范围

稻麦草、甘蔗渣、芒秆等草类纤维的碱法制浆。

3. 主要技术参数

最高压力：1176kPa(12kg/cm²)

最高工作温度：180℃

4. 工艺流程

见图4-12-2。

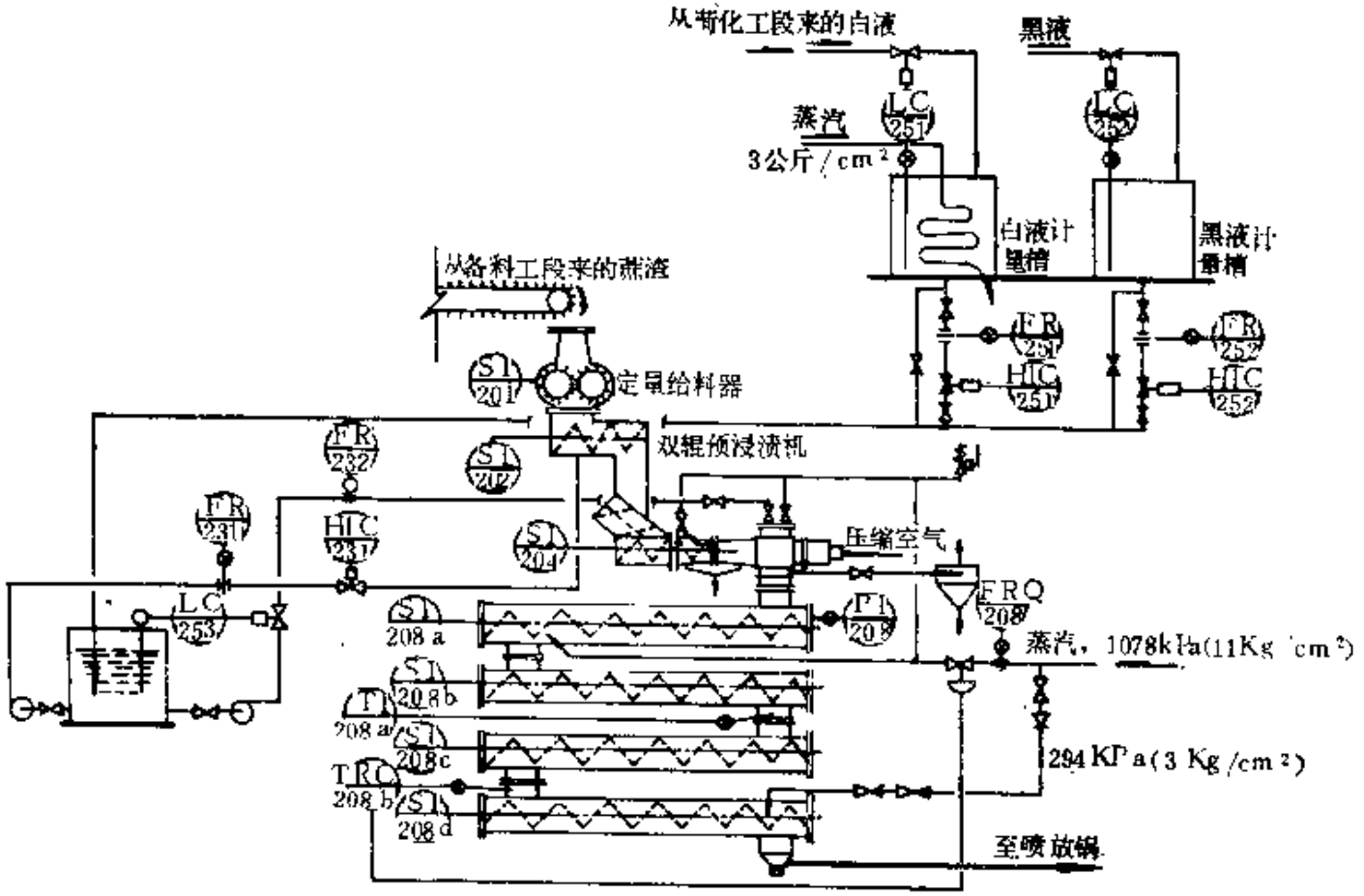


图 4-12-2　汤培拉-潘迪亚连续蒸煮流程图

5. 主要设备技术特征

列于表4-12-6。

表4-12-6　汤培拉-潘迪亚连续蒸煮器技术特征表

设备名称		主要技术特征				配用电动机
计量与浸渍	1.双辊计量器	双辊规格	φ980×900mm			5.5kW1435r/min
		每辊刃数	8个			
		辊齿隙总容积	0.65m³			
		双辊转速	0.16～2.78r/min			
	2.双辊预浸渍机	喷液管直径	φ50mm			15kW1450r/min
		喷液孔	直径φ3mm，孔数20个			
		浸渍部分	长4600mm，高1140mm			
		推料刮刀	外径φ850，螺距900mm，个数30个			
		辊转速	30.5～122r/min			
		浸渍槽容积	6.4m³			
进料	3.预压螺旋	螺旋	直径φ350mm，螺距250mm			减速电动机15kW100r/min
		螺叶倾角	45°			
		转速	77、86、91、100、110、117、128r/min（更换链轮变速）			
	4.螺旋进料器	螺旋	全长1540mm，尾杆长203mm			132kW 1485r/min 电磁滑差离合器调速范围300～1350r/min
		压缩比	1:2			
		螺旋分4段				
			直径或锥角	螺距（mm）	螺旋叶片厚（mm）	
		第一段	φ406mm	254	12	
		第二段	φ406mm	305	20	
		第三段	5°46′41″	292	33	
		第四段	5°46′41″	231	40	

续表

设备名称		主要技术特征		配用电动机
业		螺旋表面堆焊钨钴合金层厚3mm		
		螺旋转速	20～90r/min	
		料门管	内径φ290mm，长180mm	
			宽度20mm	
			（L≈0.62D）	
		防滑筋条	12条，端面倾角45°	
料		筋条规格	610×25.4×19mm	
	5.气动助反喷阀	阀径	φ400mm	
		活塞行程	800mm	
		压缩空气压力588kPa（6kg/cm²）		
蒸煮与排料	6.蒸煮管	蒸煮管	4根，内径φ1050毫米，有效长度8900mm	
		管壁厚	12mm	7.5kW
		管材质	复合不锈钢板	1450r/min
		螺旋	φ900mm，螺距350mm	4台
		螺旋转速（r/min）		
		第一管3.3～9.9或5.5～16.5		
		第二管2.4～7.2或4.0～12.0		
		第三管2.1～6.3或3.5～10.5		
		第四管1.9～5.7或3.3～9.9		
	7.翼式出料器	进料口	φ710mm	22kW1480r/min
		转子翼片	直径φ580mm，片数4片	
		转子转速	100r/min	
		附：	φ45放料阀2个	0.18kW890r/min
	8.喷放锅	容积	60m³	
		碎浆器（Vokes rotor）		110kW1480r/min
		转子外径	φ845mm，翼片8个	
		转速	400r/min	
		筛板	孔径φ10mm，厚度15mm	
		立式搅拌器转速	110r/min	22kW1460r/min

6. 生产应用实例

（1）工艺条件，列于表4-12-7。

表4-12-7　甘蔗渣、芒秆连续蒸煮工艺技术条件

			甘蔗渣	芒秆
原料	草片长度	(mm)	—	20～30
	切片合格率	(%)	—	>85
	含髓率	(%)	<10	—
	水分	(%)	15～25	15～25
配碱	白液 活性碱浓度(Na_2O)	(g/l)	90～100	
	硫化度	(%)	10～15	
	温度	(℃)	80	
	澄清度	(ppm)	<100	
	回用黑液温度	(℃)	>70	
蒸煮	用碱量 (Na_2O)	(%)	13	20
	硫化度	(%)	10～15	10～15
	液比		1:2.5	1:2.5
	蒸煮压力 (kPa)		588 (6kg/cm²)	588 (6kg/cm²)
	蒸煮时间	(min)	20	35～40
粗浆	$KMnO_4$值		12～16	14～18
	黑液残碱	(g/l)	<16	<16
	未蒸解分	(%)	<3.5	<3.5

（2）浆料特征，见表4-12-8。

表4-12-8　　用连续蒸煮器生产的芒秆浆的特征

			未漂浆	漂白浆
原浆情况	粗浆硬度	($KMnO_4$值)	14～18	—
	打浆度	(°SR)	18.7	19.0
浆张物理强度	紧度	(g/cm^3)	0.45	0.49
	裂断长	(m)	3380	3170
	撕裂因子		77.8	85.4
	耐折度	(双折次)	4	3
纤维量度	平均长度	(mm)	0.788	0.990
	平均宽度	(μm)	12	13
	长宽比		68.5	76.2

(三) 10 t/d立管式连续蒸煮器

1. **适用范围**：用于甘蔗渣、稻麦草等原料碱法连续蒸煮。
2. **使用压力**：392～441kPa (4.0～4.5kg/cm²)
3. **工艺流程**：见图4-12-3。

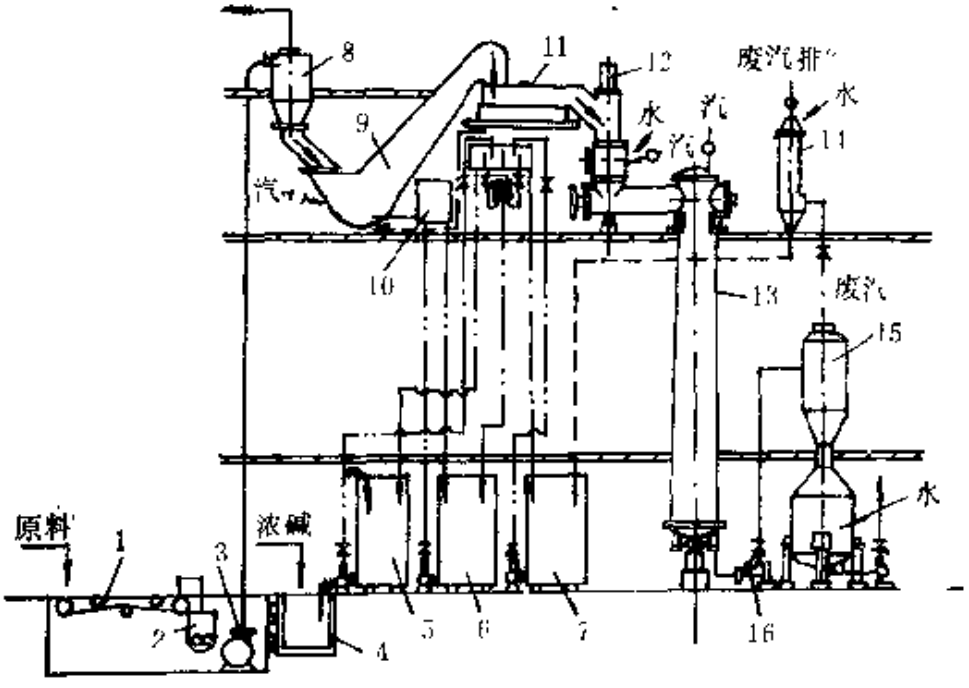


图 4-12-3　10t/d立管式连续蒸煮流程图

1-胶带运输机　2-转子计量计　3-风送机　4-浓碱槽　5-浓碱箱　6-稀碱箱　7-热水箱　8-旋风分离器　9-浸渍机　10-碱液位箱　11-螺旋压榨机　12-立式螺旋推进器　13-立式连续蒸煮器　14-混合冷凝器　15-喷放锅　16-排料阀

4. 设备技术特征

表4-12-9　　立管式连续蒸煮器技术特征

设备名称		主要技术特征	配用电动机和减速箱
原料输送与调量	1.胶带运输机	胶带宽　500mm 鼓轮中心距　10m 线速　11m/min	电动机 JO41-4 1.7kW 减速箱 PM250-I-1U
	2.调量器	双辊钉齿式 辊子规格　φ330×640mm 双辊中心距　336mm 辊子转速　2～6r/min	电动机 JZS-51 3/1kW 470～1410 r/min 附 直流永磁测速发电机 ZYS型4.4W 1900Z/F 减速箱 PM250-I-2U
	3.风送机	进口　φ408mm 出口　φ400×400mm 叶轮　φ750×340mm	电动机 JO72-4 20kW
	4.旋风分离器	圆筒部　φ1000×1300mm 锥体高　500mm 入料口　φ300mm，出料口500×300mm 排气口　φ520mm	
	5.浸渍机	链条耙齿式 浸渍槽　宽600mm，长6700mm 倾斜40° 链条速度　3.1m/min 进料口　640×940mm 出料口　500×731mm	电动机 JO51-6 2.8kW 减速箱 PM350-I-2U
	6.螺旋压榨机	螺旋直径　φ387毫米 螺旋共6节半 螺距　300、240、190、190、190、190、95mm 螺旋转速　12.5r/min 筛鼓孔径　φ2.5～3mm，部分φ4～5mm	电动机 JO63-6 10kw 减速箱 蜗干蜗轮，速比53:2

续表

设备名称		主要技术特征	配用电动机和减速箱
进料	7.立式螺旋输送器	螺旋共4节 螺距　前4节200mm，后半节350mm 螺旋直径　前4节φ280mm，后半节由φ280mm递减至φ150mm 螺旋转速　31r/min 输送管内径　φ340mm，加防滑筋条后有效内径为φ320mm	JTC-562 1.6kW 31r/min
	8.格仓进料器	转子规格　φ439/φ420×382mm 锥度1:20 格仓规格　共7格，每格容积2600ml 转速　13.5r/min、 进料口　268×220mm 出料口　268×180mm 工作压力　392～588kPa（4～6kg/cm²） （水压试验980kPa（10kg/cm²）	电动机 JO63-8 7kW 减速箱 PM350-Ⅱ-1U
蒸煮	9.蒸煮横管	蒸煮管　内径φ350mm，有效长度2800mm，管壁厚10mm 螺旋　直径φ310mm，螺距210mm 螺旋转速　22r/min 进料口　φ350mm	电动机 JO42-2 2.8kW 减速箱 PM250-Ⅲ-1U
	10.蒸煮立管	内径　上端φ600mm，下端φ900mm 长度　9000mm 壁厚　10mm 总容积　4m³，有效容积3.5m³ 工作压力　392～784kPa（4～8kg/cm²） （水压试验1176kPa即12kg/cm²） 进料口　φ350mm 出料口　φ150mm，2个 搅拌器　4片桨叶式，φ850mm 转速8r/min	电动机 JO51-6 2.8kW 减速箱 PM350-Ⅰ-1U

续表

设备名称		主要技术特征		配用电动机和减速箱
排料	11. 弯管排料器	管径	进口φ150mm，出口φ127mm	电动机 JZS-51 3/1kw 470～1410r/min 附直流永磁测速发电机ZYS型 1.4W1500Z/F
		阀口	φ80mm	
		排放速度	11～37次/min	
	12. 喷放锅	有效容积	3m³	电动机 JO42-6 1.7kW
		进浆口	φ80mm，出浆口φ130mm	
		推进器	螺旋桨式，φ300mm	
		转速	330r/min	

5. 生产应用实例

（1）工艺技术条件，见表4-12-10。

表4-12-10　甘蔗渣、稻草连续蒸煮工艺条件

		甘蔗渣	稻草
原料	除髓率 (%)	20～25	—
	水分 (%)	<30	—
	草片长度 (mm)	—	25～40
	合格率 (%)	—	—
预浸渍	碱液浓度 (NaOH) (g/l)	40～45	34～38
	碱液温度 (℃)	55～70	55～70
	预浸渍时间 (min)	4	4
	经螺旋压榨机后的液比	1:2.5～3.0	1:2.6
蒸煮	用碱量 (NaOH) (%)	13.5～15.0	7.5～9.0
	蒸煮压力 (kP_a)	392～441 (4～4.5kg/cm²)	392～441 (4～4.5kg/cm²)
	蒸煮温度 (℃) 立管上部	138～142	138～142
	立管下部	140～144	140～141
	蒸煮时间 (min)	35～45	35～45
粗浆	硬度 ($KMnO_4$值)	9～12	10～12
	黑液残碱 (g/l)	2～6	0.6～1.0
	得率 (%)	53～56	—

续表

设备名称		主要技术特征		配用电动机和减速箱
排料	11. 弯管排料器	管径 阀口 排放速度	进口ϕ150mm，出口ϕ127mm ϕ80mm 11～37次/min	电动机 JZS-51 3/1kw 470～1410r/min 附直流永磁测速发电机ZYS型 4.4W1900Z/F
	12. 喷放锅	有效容积 进浆口 推进器 转速	3m³ ϕ80mm，出浆口ϕ130mm 螺旋桨式，ϕ300mm 330r/min	电动机 JO42-6 1.7kW

5. 生产应用实例

（1）工艺技术条件，见表4-12-10。

表4-12-10　　甘蔗渣、稻草连续蒸煮工艺条件

		甘蔗渣	稻草
原料	除髓率 (%)	20～25	—
	水分 (%)	<30	—
	草片长度 (mm)	—	25～40
	合格率 (%)	—	—
预浸渍	碱液浓度 (NaOH) (g/l)	40～45	34～38
	碱液温度 (℃)	55～70	55～70
	预浸渍时间 (min)	4	4
	经螺旋压榨机后的液比	1:2.5～3.0	1:2.6
蒸煮	用碱量 (NaOH) (%)	13.5～15.0	7.5～9.0
	蒸煮压力 (kPa)	392～441 (4～4.5kg/cm²)	392～441 (4～4.5kg/cm²)
	蒸煮温度 (℃) 立管上部	138～142	138～142
	立管下部	140～144	140～144
	蒸煮时间 (min)	35～45	35～45
粗浆	硬度 ($KMnO_4$值)	9～12	10～12
	黑液残碱 (g/l)	2～6	0.6～1.0
	得率 (%)	53～56	—

（2）浆料特征：表4-12-11为用立管连续蒸煮器制得的未漂甘蔗渣浆与蒸球用相同原料制得的浆的化学成分和物理性能的对比。

表4-12-11　　甘蔗渣“连蒸”浆与蒸球浆的对比

	粗浆化学成分			浆张物理性能		
	α-纤维素(%)	聚戊糖(%)	木素(%)	定量 (g/m²)	裂断长(m)	耐破度 (kPa)
“连蒸”浆	75.10	26.30	1.90	57.8～62.6	3610～4110	109.8～162.7 (1.12～1.66kg/cm²)
蒸球浆	73.36	26.80	2.05	57.0～57.6	3250～3750	87.2～116.6 (0.89～1.19kg/cm²)

（3）技术经济指标：用“连蒸”与蒸球生产的硬度相近的甘蔗渣浆，每吨风干粗浆的主要物耗和技经指标对比列于表4-12-12。

表4-12-12　　“连蒸”浆和蒸球浆主要技经指标对比

	甘蔗渣(已除髓、绝干) (kg)	烧碱(折100%) (kg)	蒸汽 (t)	电耗 (kW·h)	单位锅容产浆量 [kg/(m³·h)]
连续蒸煮	1852	271	1.68～2.32	44.5	126～148
蒸球	1923	348	2.16	19.8	13

三、国外连续蒸煮技术

（一）卡米尔(Kamyr)连续蒸煮器

卡米尔连续蒸煮器是国外应用最广泛的一种连续蒸煮设备。早在三十年代就开始研制，第一套于1950年投入工业生产。至1978年世界各地已有近300套在运行，总生产能力达4,000万

吨/年。卡米尔蒸煮器自投产以来，经历了两次重大的技术发展阶段。第一次是1958年发展了冷喷放技术，即向蒸煮器底部注入70～80℃的稀黑液，使纸浆喷放时的温度降低到85℃左右，从而改善了纸浆的强度特性。第二次是1962年研究成功的锅内高温逆流洗涤，大大提高了洗涤效率，简化了洗浆设备。

卡米尔连续蒸煮器对各种蒸煮方法和原料有较大的适应性，除了主要用于硫酸盐法蒸煮外，还可用于中性亚硫酸盐法、酸性亚硫酸盐法和预水解硫酸盐法，生产可漂浆、溶解浆、本色浆和半化学浆。原料由针叶材扩大到阔叶材、锯屑及草类纤维原料。

单台生产能力由最初10t/d发展到1275t/d，朝着大型、自动化的方向发展。

目前卡米尔连续蒸煮器的类型有：水力型、汽相-液相型、带高压预浸渍器的以及适用于草类原料的蒸煮器等。

1. **水力型连续蒸煮器**

（1）用途：用于硫酸盐法蒸煮。

（2）工艺流程：见图4-12-4。

（3）工艺流程简述

① 木片汽蒸和进料：木片从木片仓经漏斗1落入木片计量器2，由低压进料器3送入汽蒸器4，在这里木片受到主要来自闪蒸罐11的蒸汽加热（不足时可补充新鲜蒸汽），压力保持49～98 kPa(0.5～1kg/cm²)，温度100～120℃，历时2～3 min，以排除木片中的空气。汽蒸后的木片被螺旋推落垂直的木片溜槽5，并借重力和循环的药液送入高压进料器6转子垂直方向的空腔内（见图4-12-5），药液通过空腔底部的滤网被抽走。当高压进料器的转子旋到水平位置时，木片被顶部循环泵C_2来的药液送到蒸煮器的顶部分离器9内。在这里大部分药液通过分离器滤网由顶部循环泵送回高压进料器，木片和部分药液被螺旋送入蒸煮器内（见图4-12-6）。

从高压进料器底部滤网分离出来的药液被木片溜槽循环泵

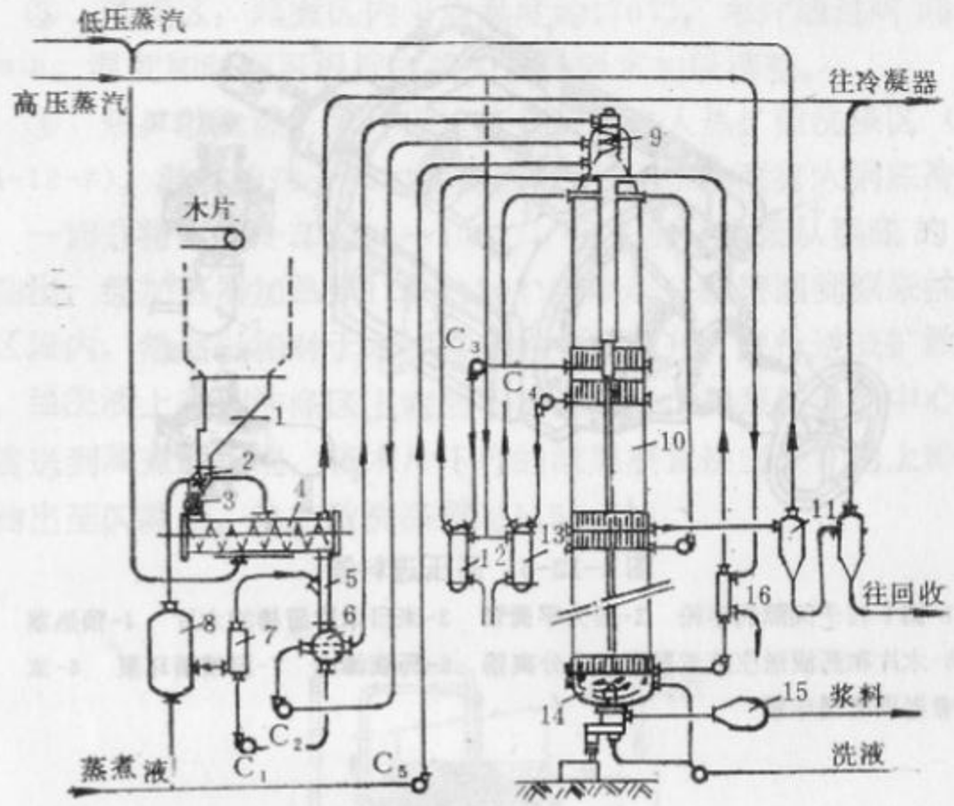


图4-12-4 卡米尔“水力”型连续蒸煮流程图

1-木片漏斗 2-木片计量槽 3-低压进料器 4-汽蒸器 5-木片溜槽 6-高压进料器 7-过滤器 8-液位平衡槽 9-顶部分离器 10-蒸煮器 11-闪蒸罐 12、13-药液加热器 14-排料搅拌器 15-网式浓缩器 16-洗液加热器 C_1-溜槽循环泵 C_2-顶部循环泵 C_3、C_4-蒸煮器循环泵 C_5-补充药液泵

C_1送到过滤器7，必要时，可再通过一个砂粒分离器除砂后送回木片溜槽，多余的药液流入液位平衡槽8，其作用是控制木片溜槽的液位。补充药液与平衡槽的药液混合后被补充药液泵C_5送往蒸煮器顶部。

② 木片浸渍和加热：木片从蒸煮锅顶部缓慢地下降到高压浸渍区，在115℃温度下浸渍约40min，然后再下降到上加热区。在此处，药液从滤带抽出经药液加热器12加热后，经由中心分配管送回蒸煮器内。在此区间，木片温度由115℃上升到155℃，在下加热区进一步上升到170℃左右，然后进入蒸煮区。

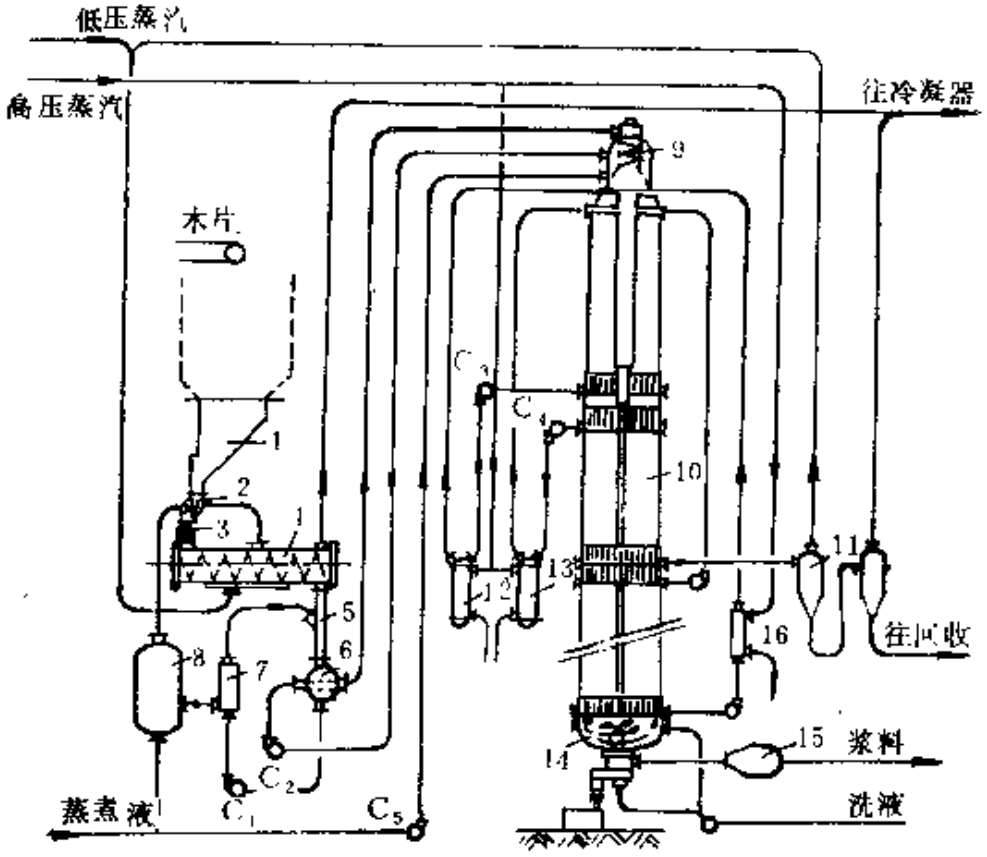


图4-12-4 卡米尔“水力”型连续蒸煮流程图

1-木片漏斗 2-木片计量槽 3 低压进料器 4-汽蒸器 5-木片溜槽 6-高压进料器 7-过滤器 8-液位平衡槽 9-顶部分离器 10-蒸煮器 11-闪蒸罐 12、13-药液加热器 14-排料搅拌器 15-网式浓缩器 16-洗液加热器 C_1-溜槽循环泵 C_2-顶部循环泵 C_3、C_4-蒸煮器循环泵 C_5-补充药液泵

C_1送到过滤器7，必要时，可再通过一个砂粒分离器除砂后送回木片溜槽。多余的药液流入液位平衡槽8，其作用是控制木片溜槽的液位。补充药液与平衡槽的药液混合后被补充药液泵C_5送往蒸煮器顶部。

② 木片浸渍和加热：木片从蒸煮锅顶部缓慢地下降到高压浸渍区，在115℃温度下浸渍约 40min，然后再下降到上加热区。在此处，药液从滤带抽出经药液加热器12加热后，经由中心分配管送回蒸煮器内。在此区间，木片温度由115℃上升到155℃，在下加热区进一步上升到170℃左右，然后进入蒸煮区。

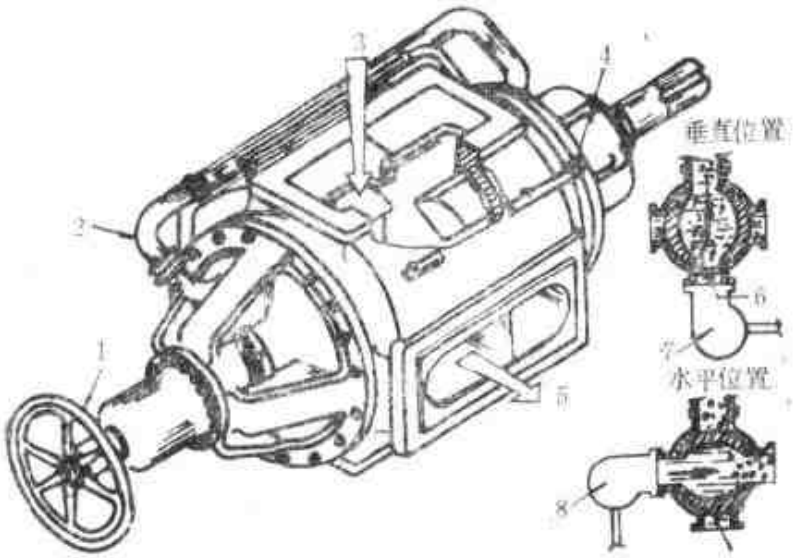


图 4-12-5　高压进料器

1-调节转子间隙的手轮　2-压力平衡管　3-来自木片溜槽的木片　4-预热器　5-木片和药液送往蒸煮器顶部分分离器　6-药液滤网　7-溜槽循环泵　8-蒸煮器顶部循环泵

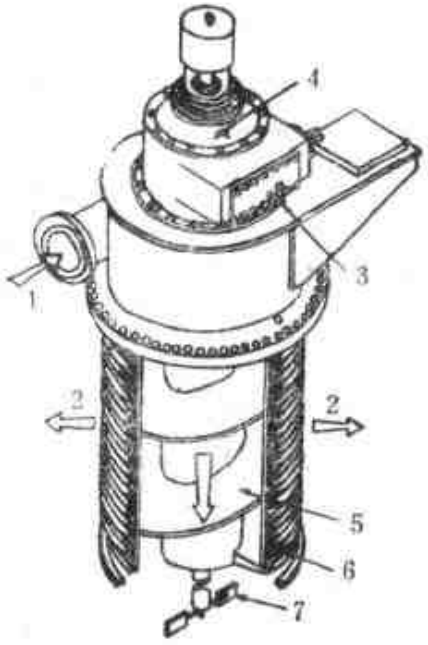
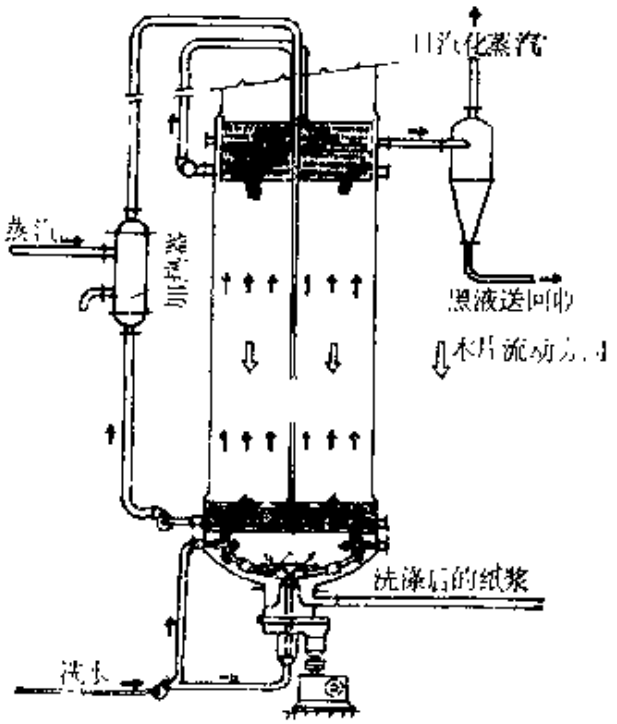


图 4-12-6　顶部分离器

1-来自高压进料器的木片和药液　2-药液流回循环泵　3-油位计　4-油塞　5-输送螺旋　6-长缝滤网　7-料位指示器

③ 蒸煮区：蒸煮区内平均温度约170℃，木片通过时间约60min。温度和时间可根据成浆的质量要求加以调整。

④ 热扩散洗涤：木片通过蒸煮区后进入热扩散洗涤区（见图4-12-7）。温度为70～80℃的稀黑液（洗液）自泵打入锅底冷却区，一部分将木片冷却至90～100℃，另一部分由泵从锅底的滤网抽出，经加热器加热到120～130℃由中心分配管回到原来抽液的区段内，然后以相对于木片移动的方向上升，进行逆流扩散洗涤。当洗液上升到洗涤区上端的下部滤网时，用泵抽出经中心分配管送到蒸煮区下端，将木片下行的浓黑液置换出来，由上部滤网抽出至闪蒸罐。热扩散洗涤需时1.5～4h。



4-12-7 热扩散洗涤区

⑤ 浆料喷放：蒸煮器底部装有搅拌器.4(见图4-12-4)，把浆料刮到排料口，浆料借蒸煮器内的压力排出，经网式浓缩器15

及喷放阀排到喷放锅。

2. 汽相-液相型蒸煮器

（1）用途：用于酸性亚硫酸盐法、亚硫酸氢盐法、中性亚硫酸盐半化学法以及预水解硫酸盐法蒸煮。

（2）设备特点：结构与水力型蒸煮器相似，其不同点在于：

① 顶部分离器倒置和倾斜地安装在蒸煮器外面(见图4-12-8)。

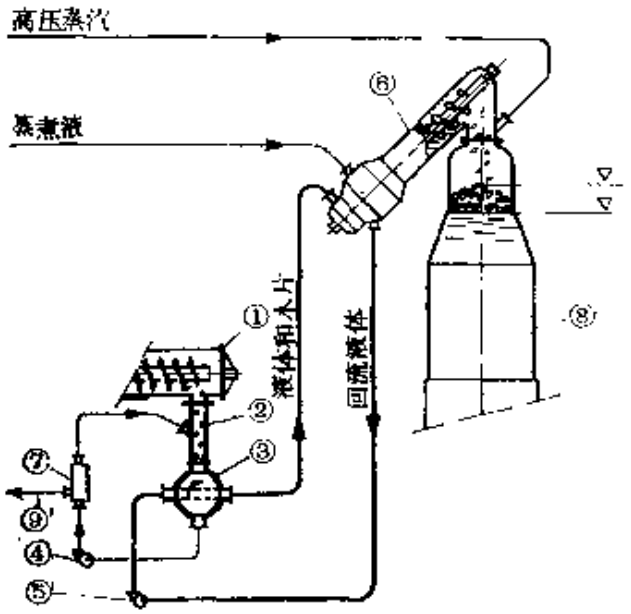


图 4-12-8 汽相-液相蒸煮器的顶部

1-汽蒸器 2-木片溜槽 3-高压进料器 4-溜槽循环泵 5-顶部循环泵
6-顶部分离器 7-过滤器 8-蒸煮器 9-溢流至液位平衡槽

② 分离器下端有滤网，排液管连接到顶部循环泵的入口。

③ 蒸煮器顶部设有高压蒸汽入口和排放蒸汽及惰性气体的排放口。

④ 蒸煮器顶部为气相区，以下为液相区。液位可根据工艺需要进行改变。

5) 只保留一个循环量很小的药液循环系统。

（3）工艺特点：

1) 蒸煮可使用较低的液比。

2 木片不在蒸煮器内浸渍，只在进料系统及顶部分离器内进行短时间的浸渍。

3) 加热方式以锅顶直接通汽为主，药液循环系统加热为辅。

4) 蒸煮压力的控制是借释放汽相区内的蒸汽及惰性气体来进行。

3. 带高压预浸渍的蒸煮器

（1）用途：用于硫酸盐法蒸煮，特别适合煮高木素含量的挂面纸板纸浆。

（2）设备特点：

① 在汽相-液相型蒸煮器的基础上，增加一台立式高压预浸渍器，安装于高压进料器与蒸煮器之间。

② 高压预浸渍器为降流式。

（3）工艺特点：

① 蒸煮液比可低至1:2。

② 浸渍条件为：压力1029～1372kPa(10.5～14kg/cm^2)，温度82～104℃，时间40～60min。

③ 由于强化了浸渍，使各种大小不同的木片都可得到适当的浸透。

④ 在生产木素含量高的硫酸盐木浆时，筛渣率较低。

4. 草类原料蒸煮器

（1）用途：草类原料的蒸煮。

（2）工艺流程：见图4-12-9。

（3）设备特点：

1) 装有常压的双层预浸渍器和低压浸渍器，均安装在蒸煮器之上。

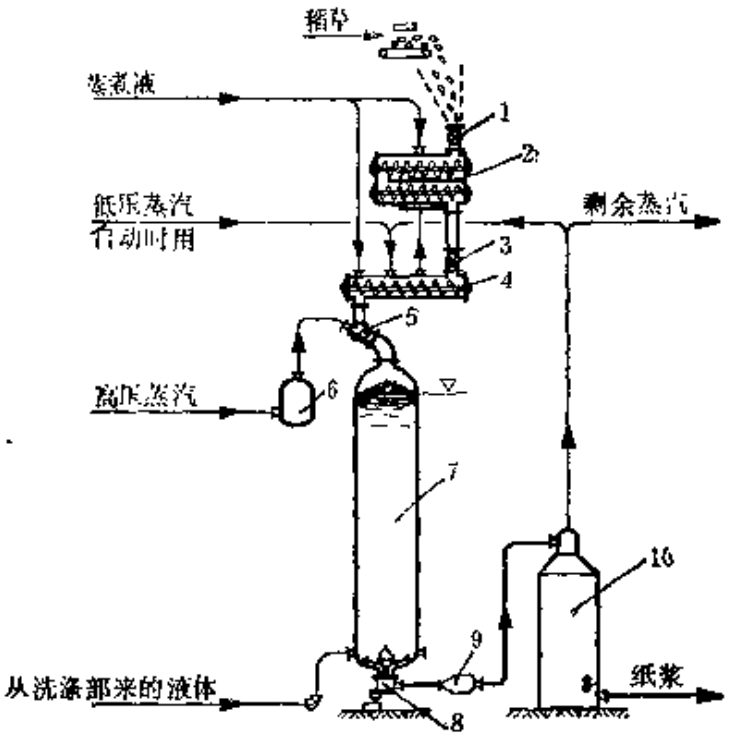


图 4-12-9　草类原料蒸煮器

1-转子进料器　2-预浸渍器　3-低压进料器　4-低压浸渍器　5-高压进料器
6-蓄汽罐　7-蒸煮器　8-排料装置　9-喷式浓缩器　10-喷放锅

② 蒸煮器没有药液循环系统和热扩散洗涤装置。

③ 改用蒸汽吹料的高压进料器。

（4）工艺特点：

① 本设备能适应草类原料散堆容重低、吸收性强和滤水性差的工艺特性。

② 预浸渍温度约95℃，低压浸渍温度120℃。

③ 原料加热是利用高压进料器吹料的 1078～1176 kPa（11～12公斤/厘米^2）压力的蒸汽，不足时再从锅顶直接送入高压蒸汽。

5. 230t/d卡米尔水力型蒸煮器的设备特征

见表4-12-13。

表4-12-13　230t/d卡米尔水力型蒸煮器主要设备特征

主要设备	技术特性	电动机
(1) 木片仓	1700×1700mm	励动器4.1kW,1800r/min
(2) 木片计量器	130l	5.6kW, 1800r/min
(3) 低压进料器	165l	7.5kW, 1800r/min
(4) 汽蒸器	φ1500×6200mm, 设计压力196kPa(2kg/cm²)	7.5kW, 1800r/min
(5) 高压进料器	260l	11.2kW
(6) 锅顶分离器	φ900mm	11.2kW
(7) 蒸煮器	φ4200/φ2200mm设计压力1176kPa(12kg/cm²) 允许腐蚀量: 浸渍区6mm 加热区8mm 扩散洗涤区4mm	
(8) 排料旋转器	φ1300mm	30kW
(9) 药液加热器		
上部	95.5m²	
下部	95.5m²	
洗液用	24.6m²	
(10) 冷凝器	80m², 最大冷凝能力6.7t汽/h	
(11) 第一闪蒸罐	φ2300×8400mm	
(12) 第二闪蒸罐	φ2300×8400mm	
(13) 喷放球阀	φ300mm	
(14) 喷放阀	1只	11.2kW
(15) 高压进料器用		
下循环泵	6000l/min,扬程12m	30kW
上循环泵	9500l/min,扬程15m	56kW
(16) 加热区上、下循环泵	6000l/min,扬程30m	75kW
(17) 洗涤区上、下循环泵	1500l/min,扬程20m	11.2kW
(18) 往前部和下部送药液的高压药液泵(另一台备用)	2400l/min,扬程175m	164kW

6. 生产实例

表4-12-14是加拿大林产公司Howe Sound纸厂的420t/d卡米尔水力型连续蒸煮器生产实例。

表4-12-14　　卡米尔水力型蒸煮器生产数据

	项　　目		数　　据
蒸煮器规格	高度		42m
	直径		3.96m
	容积		424.5m³
工艺数据	蒸煮材种		50%铁杉、30%冷杉、20%红香柏
	进汽蒸器的蒸汽压力		3.5kg/cm²
	贮存槽白液浓度		100g/l
	蒸煮液量		1100kg/min
	顶部药液循环量		17,000kg/min
	木片计量器转速		12转/分 (每转一圈进木片量0.34m³)
	进蒸煮器木片量		4.08m³/min
	液比		1:5.7
	顶部循环药液温度		110℃
	蒸煮器内压力	顶部	约1176kPa (12kg/cm²)
		底部	约1333kPa (13.6kg/cm²)
	浆煮温度	上部加热器	156℃
		下部加热器	171℃
	加热器药液循环量		
		上部加热器	42.5m³/min
		下部加热器	48.0m³/min
	木片在蒸煮器内停留时间		2 h45min
	喷放温度		95℃

7. 卡米尔连续蒸煮与间歇蒸煮比较

见表4-12-15和表4-12-16。

表4-12-15　卡米尔连续蒸煮与间歇蒸煮操作数据比较

		连续蒸煮	间歇蒸煮
木材消耗 (t/t浆)		2.10	2.11
化学药品用量	(kg/t风干浆)	450	580
蒸汽用量	(kg/t风干浆)	1092	1960
黑液用量	(kg/t风干浆)	0	1875
白液用量	(kg/t风干浆)	3296	3700
喷放锅回收热量	(MCal/t风干浆)	0.162	0.607
松节油得率	(l/t风干浆)	4.17～14.6	6.26～16.7
喷放液	(溶解固形物%)	5	23.3
送蒸发器的黑液量	(kg/t风干浆)	7328	8290
送蒸发器的黑液固含量	(%)	18.8	18.1
喷放浆浓度	(%)	10.0	11.31
送蒸煮锅的黑液固含量	(%)	3.0	18.1

表4-12-16　卡米尔连续蒸煮器与间歇蒸煮器技术指标和纸浆质量比较

		连续蒸煮①	间歇蒸煮②
技术指标	耗汽量 (kg/t风干浆)	1250	3200
	活性碱用量 (对绝干木片) (%)	17.0	20.0
	黑液含固量 (%)	20.0	16.0
	洗涤碱损失 (kg/t浆)	14	15～17.5
	厂房 (m)	8.5×6.1×40(高)	39.6×9.8×30.5(高)
纸浆质量	高锰酸钾值	18～20	18～20
	游离度 (加拿大标准) (ml)	700	700
	裂断长 (m)	16100	14200
	撕裂因子	91	85
	耐破因子	108	96

① 卡米尔连续蒸煮设备一套，能力300t/d本色硫酸盐木浆。
② 8台75.6m³立式蒸煮锅，能力295t/d本色硫酸盐木浆。

表4-12-15　卡米尔连续蒸煮与间歇蒸煮操作数据比较

		连续蒸煮	间歇蒸煮
木材消耗（t/t浆）		2.10	2.11
化学药品用量	（kg/t风干浆）	450	580
蒸汽用量	（kg/t风干浆）	1092	1960
黑液用量	（kg/t风干浆）	9	1875
白液用量	（kg/t风干浆）	3296	3700
喷放锅回收热量	（MCal/t风干浆）	0.162	0.607
松节油得率	（l/t风干浆）	4.17～14.6	6.26～16.7
喷放液	（溶解固形物%）	5	23.3
送蒸发器的黑液量	（kg/t风干浆）	7328	8290
送蒸发器的黑液固含量	（%）	18.8	18.1
喷放浆浓度	（%）	10.0	11.31
送蒸煮锅的黑液固含量	（%）	3.0	18.1

表4-12-16　卡米尔连续蒸煮器与间歇蒸煮器技术指标和纸浆质量比较

			连续蒸煮①	间歇蒸煮②
技术指标	耗汽量	（kg/t风干浆）	1250	3200
	活性碱用量（对绝干木片）（%）		17.0	20.0
	黑液含固量	（%）	20.0	16.0
	洗涤碱损失	（kg/t浆）	14	15～17.5
	厂房	（m）	8.5×6.1×40(高)	39.6×9.8×30.5(高)
纸浆质量	高锰酸钾值		18～20	18～20
	游离度（加拿大标准）	（ml）	700	700
	裂断长	（m）	16100	14200
	撕裂因子		91	85
	耐破因子		108	96

① 卡米尔连续蒸煮设备一套，能力300t/d本色硫酸盐木浆。

② 8台75.6m^3立式蒸煮锅，能力295t/d本色硫酸盐木浆。

（二）横管式连续蒸煮器

国外横管式连续蒸煮器有潘迪亚(Pandia)、获菲布莱特(Defibrator)和格林柯(Grenco)等几种牌号，其中以前两种最为常用。

横管式连续蒸煮器是属于高温快速的蒸煮设备，原来主要用于生产阔叶木中性亚硫酸盐法半化学浆。由于它很适合草类纤维的蒸煮，国外较大型的蔗渣和草浆厂多采用这种设备。

单台设备的生产能力比卡米尔蒸煮器小，目前国外实际使用最大的为300t浆/d。

1. 工艺流程

见第371页图4-12-2。

2. 设备特点

（1）根据不同原料的需要，进料器可选用螺旋进料器，也可选用格仓式进料器。

（2）蒸煮管的管数，过去以4管居多，也有6管甚至8管的。近年多采用双管。

（3）蒸煮管的排列，通常是几根水平叠置。根据不同的工艺要求，上面一根管也可以斜放，成为一根浸渍管。

（4）蒸煮管内装有螺旋输送器。潘迪亚使用一般等距螺旋输送器，获菲布莱特采用特殊的变距、变径螺旋输送器，以提高蒸煮管内物料的混合效果。

（5）排料系统现在都采用冷喷放装置。在获菲布莱特半化学制浆系统中则不采用冷喷放装置，而带有热磨设备。

3. 工艺特点

（1）采用不同的排列组合方式，可适应木片、蔗渣、草类纤维和锯屑等多种不同原料的蒸煮。

（2）蒸煮快速，生产效率高，单位锅容的产浆量大。

（3）在蒸煮管内，原料与化学药品、蒸汽不断地搅动混

合，在快速蒸煮的条件下，也能获得蒸煮均匀的浆料。

（4）对制浆变数的变化反应快，具有较大的生产灵活性。

4. 潘迪亚连续蒸煮器的主要技术规范

表 4-12-17 列出日本石川岛播磨重工制造的潘迪亚蒸煮管的外形尺寸。图4-12-10和表4-12-18示出蒸煮管的排列尺寸。

表4-12-17　　潘迪亚蒸煮管的特征及其外形尺寸

型号	有效容积	主要尺寸 (mm)				
	(m^3)	外径	总长	有效长	进出口直径	螺旋节距
24	1.19	600	7200	4900	450	300
30	2.36	750	8600	6100	600	300
36	3.60	900	8900	6450	600	300
42	7.86	1050	13300	10700	600	350
48	10.40	1200	13600	10700	750	400
52	12.00	1300	14000	10700	750	460
54	14.15	1350	14800	11600	900	460
60	18.30	1524	15500	12200	1050	510
66	21.50	1650	16200	12200	1050	560
72	27.40	1800	19500	12200	1050	610
84	42.50	2100	19500	14700	1050	710

表4-12-18　　潘迪亚蒸煮管的排列尺寸

尺寸符号 \ 型号	24	30	36	42	48	52	60
A	7200	8600	8900	13300	13600	14000	15500
B	4900	6100	6450	10700	10700	10700	12200
C	3600	7200	4500	7500	7500	7500	8400
D	1300	1375	1450	1650	1700	1750	1900
E	1200	1350	1500	1700	1800	1900	2200
F	600	675	750	850	900	950	1100
G	500	500	500	500	500	500	500
H	1000	1000	1000	1000	1000	1165	1165
I	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

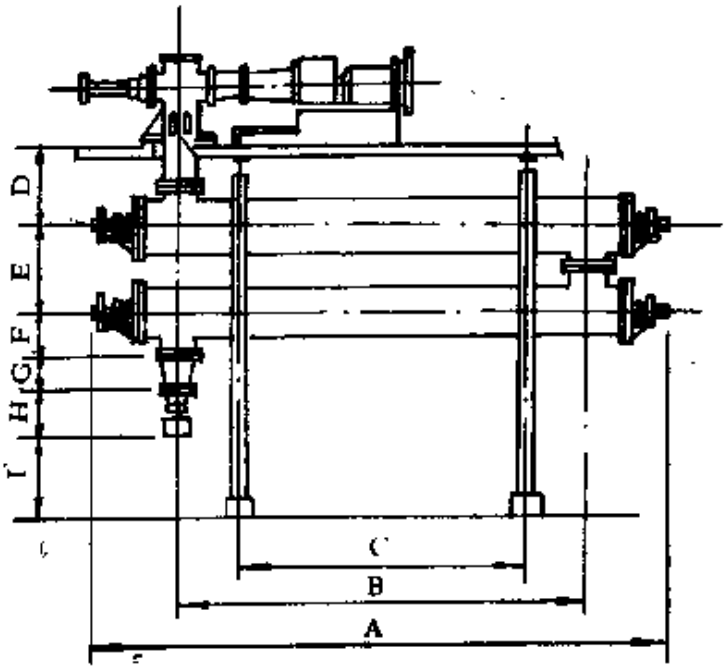


图 4-12-10　潘迪亚连续蒸煮器蒸煮管排列尺寸图

5. 生产实例

表4-12-19是潘迪亚连续蒸煮器生产漂白麦草浆和蔗渣浆的技术数据。

表4-12-19　潘迪亚连续蒸煮器生产漂白草类浆的实例

			希腊Thessalian厂	印度Mandya厂
蒸煮	原料		麦草	蔗渣
	有效碱用量	(%)	13.5～15.0	11
	液比		1:3.5	1:3.5
	蒸煮温度	(℃)	170	—
	蒸煮压力	(kPa)	—	7546
	蒸煮时间	(min)	15～17	10～12
	粗浆得率	(%)	46～48	50
	粗浆硬度		20.7卡伯值	9.5高锰酸钾值
浆张物理性能	打浆时间	(min)	4～5	15
	打浆度	(°SR)	—	40
	定量	(g/m^2)	77.2	60.3
	裂断长	(m) 米	7280	7750
	耐折度	次	153	291
	耐破度	(kPa)	323.4 (3.3kg/cm^2)	246.9 (2.52kg/cm^2)
	耐破因子		45.1	41.8
	撕裂因子		34.1	71.6
消耗	蒸汽	(t/t浆)	1.75	—

（三）斜管式连续蒸煮器

斜管式连续蒸煮设备商名为鲍尔(Bauer)M&D连续蒸煮器。

蒸煮管的安装角度与水平线呈45°倾斜。管内有隔板沿轴向分隔为两室，内装有链条刮板输送器，将从管上部进入的木片往下输送，经过底部后转入另一室，再往上输送到上部的出料口排出(见图4-12-11)。

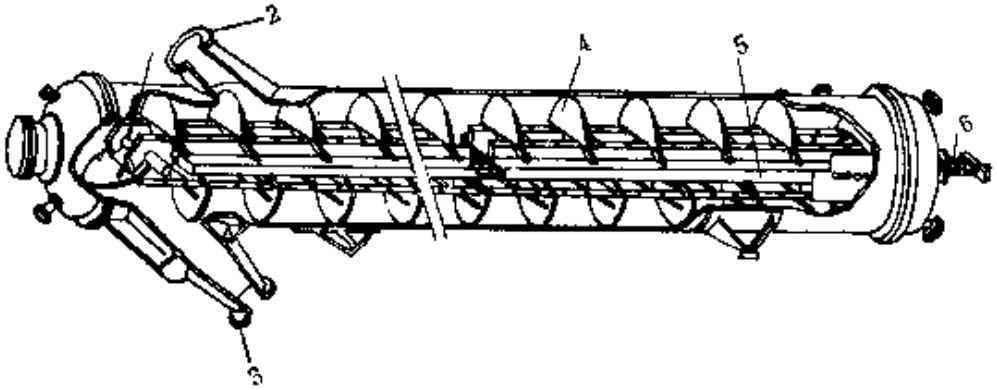


图 4-12-11　鲍尔M&D蒸煮管立体示意图

1-传动轴　2-木片入口　3-木片出口　4-刮板　5-隔板　6-张紧器

此种蒸煮设备可有多种排列组合方式，例如可用单根管进行液相-汽相蒸煮，生产本色浆或半化学浆。也可以使用双管，第一根管(带药液循环装置)用于液相浸渍，第二根管(不带药液循环装置)用于汽相蒸煮。如果在两根管之间装设高压格仓进料器，则可进行分级蒸煮。

由于设备的排列布置有较大的灵活性，所以能够适用于多种制浆法，例如硫酸盐法、中性亚硫酸盐法、半化学法和冷碱法等。原料可使用针叶木、阔叶木和锯屑。

单台设备生产能力可达450t/d。

1. **工艺流程(见图4-12-12)**

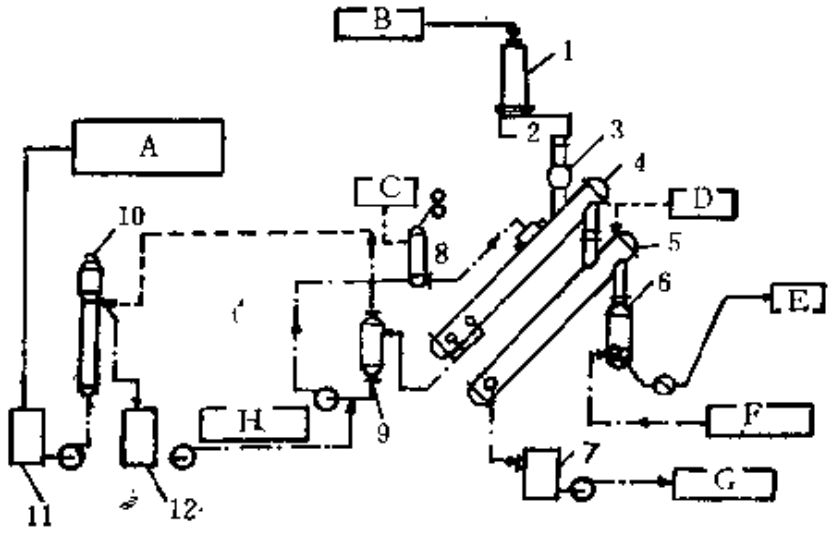


图 4-12-12　鲍尔M&D连续蒸煮流程图

1-预汽蒸进料器　2-脱气装置　3-高压格仓进料器　4-浸渍管　5-气相蒸煮管　6-冷喷放装置　7-黑液槽　8-药液加热器　9-药液闪蒸罐　10-白液蒸发器　11-白液槽　12-浓缩后的白液槽

2. 主要设备特征

表4-12-20为200t/d鲍尔M&D连续蒸煮器的主要设备特征。使用原料为针叶木和阔叶木，产品为本色硫酸盐浆。

表4-12-20　　200t/d鲍尔M&D连续蒸煮器的特征

主要设备	设备特征	电动机
①预汽蒸、进料和脱气装置	螺旋直径455mm 木片槽φ1370×7000mm	7.5kW，4极
②格仓进料器	18″×20″×33″型，转子每格的容积155l，能力5700m³/d	22kW
③第一蒸煮管	内径2130mm，有效长23,360mm 刮板节距1219mm，链条节距406mm 最大工作压力1078kPa (11kg/cm²)	11kW，8极
④第二蒸煮管	内径2130mm，有效长 21,530mm，刮板及链条规格与第一管同	11kW，8极
⑤冷却槽	立式，φ1500×5470mm，带搅拌器	11kW，4极

续表

主要设备	设备特征	电动机
⑥喷放锅	100m³，φ4830×11500mm	
⑦旋浆分离器	φ1500×3000mm	
⑧白液槽	20m³，内径2800mm，高3700mm，带加热器	
⑨药液循环加热器	直管式，加热面积100m²，最高工作压力1078kPa（11kg/cm²）	
⑩冷凝水排放槽	5 m³，φ1400×3500mm	
⑪快速排汽槽（加热器排汽用）	φ1000×2300mm	
⑫除铁器	φ1500×1800mm	
⑬蒸汽喷射冷凝器（废汽热回收用）	φ1000×3500mm	
⑭污热水槽	15m³，φ2500×3700mm	
⑮黑液槽	30m³，φ3500×3800mm	
⑯白液泵	流量0.6m³/min，扬程125m	30kw，2极
⑰药液循环泵	流量3.8m³/min，扬程35m	45kw，4极
⑱冷凝水泵	流量0.45m³/min，扬程20m	3.7kw，4极
⑲浆泵	流量5.5m³/min	37kw，6极
⑳污热水泵	流量1.5m³/min，扬程30m	15kw，4极
㉑黑液泵（送往蒸发站）	流量0.55m³/min，扬程25m	3.5kw
㉒冷却用黑液泵（送往冷却槽）	流量1.7m³/min，扬程130m	75kw，2极
㉓高压水封泵	流量0.5m³/min，扬程130m	22kw，2极 电动机总计 295.7kw

3. 生产实例

表4-12-21为日本Taiko造纸公司使用鲍尔M&D蒸煮器快速汽相硫酸盐法蒸煮混合针叶木片的生产技术条件。

表4-12-21　　鲍尔M&D快速汽相硫酸盐蒸煮实例

	技术条件		数据
预热器	蒸汽压力	(kPa)	141.1(1.44kg/cm²)
(预汽蒸过程)	温度	(℃)	126
	木片停留时间	(min)	4
第一蒸煮管	蒸汽压力	(kPa)	950.6 (9.7kg/cm²)
(药液浸渍过程)	蒸煮液温度	(℃)	151
	蒸煮液浓度（有效碱，Na_2O）	(g/l)	46
	蒸煮液硫化度	(%)	40～50
	蒸煮液循环比率	(对木片的倍数)	1.25
	循环药液温度（加热器出口）	(℃)	148
	木片停留时间	(min)	20
第二蒸煮管	蒸汽压力	(kPa)	950.6 (9.7kg/cm²)
(汽相蒸煮过程)	温度	(℃)	181
	停留时间	(min)	20
冷却槽	顶部温度	(℃)	178
(冷喷放过程)	底部温度	(℃)	110
补充药液	有效碱浓度（Na_2O）	(g/l)	148
	硫化度	(%)	23～25
	蒸煮液补充数量（对绝干木片）	(%)	13.1

第十三节　工艺计算

一、蒸煮液用量计算

已知条件：

蒸煮锅装绝干原料　18t

装锅原料水分　20%

用碱量（活性碱，Na_2O）　12%

硫化度　14%

液比　1:4

回收白液中活性碱浓度　70g/lNa_2O

白液硫化度　10%

外购硫化碱液浓度　80g/lNa_2S

求：

需用白液量；

应补加硫化碱液量；

应加污热水量。

计算：

1. 每锅需加活性碱（以Na_2O表示）量为：

$18000 \times 12\% = 2160kg$

其中：Na_2S需用量为：

$2160 \times 14\% = 302kg(Na_2O)$

NaOH需用量为：

$2160 - 302 = 1858kg(Na_2O)$

2. 每锅需用白液量

白液中NaOH浓度为：

$70\times(1-10\%)=63g/l$或$63kg/m^3(Na_2O)$

白液中Na_2S浓度为：

$70\times10\%=7g/l$或$7kg/m^3$ (Na_2O)

每锅需用白液量为：

$$\frac{1858}{63}=29.5m^3$$

3. 每锅应补加硫化碱量

每锅所用的白液中含Na_2S量为：

$29.5\times7=206.5kg(Na_2O)$

每锅补加的Na_2S量应为：

$302-206.5=95.5kg(Na_2O)$

购入的硫化碱液浓度换算为Na_2O量，即：

$80\times0.795=63.6g/l(Na_2O)$

应补加硫化碱液量为：

$$\frac{95.5}{63.6}=1.5m^3$$

4. 需用污热水量

每锅需用总液量为

$18\times4=72m^3$

原料带入的水量为：

$$18\times\frac{20}{80}=4.5m^3$$

应补加污热水量为：

$72-(29.5+1.5+4.5)=36.5m^3$

二、碱法蒸煮物料衡算

已知条件：

蒸煮锅容积 $125m^3$

$70\times(1-10\%)=63g/l$或$63kg/m^3(Na_2O)$

白液中Na_2S浓度为：

$70\times10\%=7g/l$或$7kg/m^3$ (Na_2O)

每锅需用白液量为：

$$\frac{1858}{63}=29.5m^3$$

3. 每锅应补加硫化碱量

每锅所用的白液中含Na_2S量为：

$29.5\times7=206.5kg(Na_2O)$

每锅补加的Na_2S量应为：

$302-206.5=95.5kg(Na_2O)$

购入的硫化碱液浓度换算为Na_2O量，即：

$80\times0.795=63.6g/l(Na_2O)$

应补加硫化碱液量为：

$$\frac{95.5}{63.6}=1.5m^3$$

4. 需用污热水量

每锅需用总液量为

$18\times4=72m^3$

原料带入的水量为：

$$18\times\frac{20}{80}=4.5m^3$$

应补加污热水量为：

$72-(29.5+1.5+4.5)=36.5m^3$

二、碱法蒸煮物料衡算

已知条件：

蒸煮锅容积	$125m^3$
蒸煮锅加热方式	强制循环间接加热
木片装锅量	0.38实积m^3/m^3锅容
木片水分	40%
湿木材折合为绝干木材的容积量	$430kg/m^3$
活性碱用量（Na_2O对绝干木片）	15.5%
每立方米锅容总液量（包括木片水分）	550l
白液活性Na_2O的浓度	100g/l
入锅黑液浓度（15℃）	12°Be′
纸浆得率（对木材）	48%

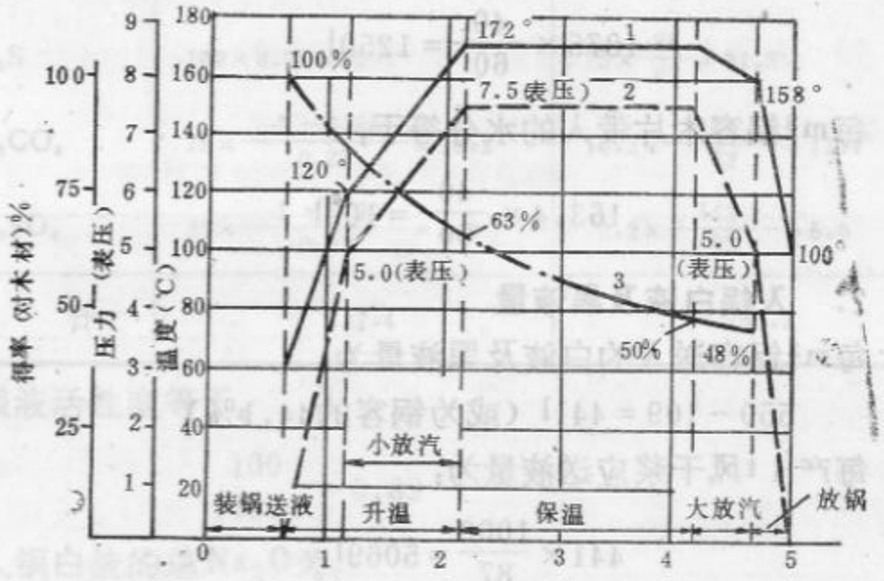


图 4-13-1 蒸煮曲线（物料衡算用）

1-温度 2-压力 3-得率

计算（以每吨风干浆为基数）：

（一）装锅送液

1. 入锅木片及产浆量

每米³锅容装绝干木片量为：

$430\times0.38=163.4kg$

每米³锅容产浆量：

绝干浆　$163.4 \times 0.48 = 78.4\text{kg}$

风干浆　$\frac{78.4}{0.9} = 87\text{kg}$

每锅产风干浆为：

$87 \times 125 = 10875\text{kg}$

每产 1 t风干浆需装绝干木片量为：

$$\frac{900}{0.48} = 1875\text{kg}$$

木片带入的水分为：

$$1875 \times \frac{40}{60} = 1250\text{l}$$

每m^3锅容木片带入的水分等于：

$$163.4 \times \frac{40}{60} = 109\text{l}$$

2. 入锅白液及黑液量

每m^3锅容送入的白液及黑液量为：

$550 - 109 = 441\text{l}$（或为锅容的44.1%）

每产 1 t风干浆应送液量为：

$$441 \times \frac{1000}{87} = 5069\text{l}$$

每产 1 t风干浆需耗用活性碱(Na_2O)：

$1875 \times 0.155 = 291\text{kg}$

需送白液体积为：

$$\frac{291}{100} = 2.91\text{m}^3\text{或}2910\text{l}$$

即为总碱液量的 $\frac{2910}{5069} \times 100 = 57.4\%$

送入黑液的体积为：

$5069 - 2910 = 2159\text{l}$

或为总碱液量的$\frac{2159}{5069}\times 100 = 42.6\%$

3. 白液组成的计算

已知：硫化度为0.25，苛化率为0.88，还原率为0.92

计算：列于表4-13-1

表4-13-1　　白液组成计算表　　（单位：g/l）

	以Na_2O表示	以原成分表示
NaOH	$100\times(1-0.25)=75$	$75\times\frac{80}{62}=96.8$
Na_2S	$100\times 0.25=25$	$25\times\frac{78}{62}=31.5$
Na_2CO_3	$75\times\frac{1-0.88}{0.88}=10.2$	$10.2\times\frac{106}{62}=17.4$
Na_2SO_4	$25\times\frac{1-0.92}{0.92}=2.2$	$2.2\times\frac{142}{62}=5.0$
总　　计	112.4	150.7

碱液活性度等于：

$$\frac{100}{112.4}=0.89$$

入锅白液的总Na_2O为：

$$\frac{291}{0.89}=327$$

以Na_2O折合原成分的换算系数等于：

$$\frac{150.7}{112.4}=1.34$$

入锅白液所含的无机盐*量为：

$$327\times 1.34=438\text{kg}$$

4. 入锅黑液的组成

* 在白液中，除Na_2S、Na_2CO_3和Na_2SO_4以外的无机盐可略去不计。

入锅黑液的固形物*为：

$$2159 \times 0.183 = 395\text{kg}$$

设：黑液固形物中有机物与无机物之比为7:3，入锅黑液中含有：

有机物　$395 \times 0.7 = 277\text{kg}$

无机物　$395 \times 0.3 = 118\text{kg}$

取黑液中无机物的组成与白液相同

则黑液的Na_2O含量为：

$$118 \times \frac{1}{1.34} = 88\text{kg}$$

5. 入锅全部物料数量列于(表4-13-2)

表4-13-2　　入锅物料组分及数量表

(单位：kg/t风干浆)

装入锅内的物料		进入锅内			
		随木片	随白液	随黑液	总计
水		1250	2910	2159	6319
有机物	木材	1875	—	—	1875
	黑液中溶解物	—	—	277	277
无机物		—	438	118	556
总计		3125	3348	2554	9027
其中，总Na_2O		—	327	88	415

(二) 升　　温

1. 小放汽排出的蒸汽量及挥发物

据布拉麦尔资料：每吨绝干木片在小放汽时放出约90kg蒸

* 浓度12°Be'(15℃)的黑液，每升含有绝干固形物为0.183kg。

汽，即每吨风干浆放出的蒸汽量为：

$$90 \times 1875 = 169\text{kg}$$

按黑格隆德数据：每产 1 t 松木浆，随小放汽跑出的挥发性物质为：

粗松节油	11kg
甲醇	5 kg
甲硫醇	1 kg
二甲硫醚	3 kg
总计	20kg

2. 小放汽排出的液量

小放汽从锅内排出的碱液约占锅内总液量的 1 %，即：

$$6319 \times 0.01 = 63\text{l}$$

3. 小放汽排出的碱液中的有机物

按得率曲线（图4-13-1），在达到最高温度时的得率为63%。溶解于碱液中的物质的数量为：

$$1875 \times (1 - 0.63) = 694\text{kg}$$

减除小放汽排出的挥发物，在溶液中保留的有机物为：

$$694 - 20 = 674\text{kg}$$

加上入锅黑液中的有机物，升温末期，溶液中的有机物为：

$$674 + 277 = 951\text{kg}$$

升温期锅内溶解有机物的算术平均值等于：

$$\frac{277 + 951}{2} = 614\text{kg}$$

升温末期锅内存留的液量为：

$$6319 - (169 + 63) = 6087\text{l}$$

升温期液量的算术平均值为：

$$\frac{6319 + 6087}{2} = 6203\text{l}$$

溶液中有机物的平均浓度为：

$$\frac{614}{6087}=0.101\text{kg/l}$$

小放汽排出的液体中的有机物量等于：

$$0.101\times63\approx 6\text{ kg}$$

4. 小放汽排出的液体中的无机物

升温期碱液内无机物的平均浓度为：

$$\frac{556}{6087}=0.091\text{kg/l}$$

小放汽排出的无机物的数量等于：

$$0.091\times63\approx 6\text{ kg}$$

其中：总Na_2O为 $\frac{6}{1.34}\approx 4$ kg

5. 升温期物料平衡

列于表4-13-3。

表4-13-3　　升温期物料平衡表（单位：kg/t风干浆）

		进			出				升锅温内末存期留
		装锅	化学反应所得	总计	小放汽排出		化学反应消耗	总计	
					蒸汽	碱液			
水		6319	—	6319	169	63	—	232	6087
有机物	木材	1875	—	187.5	—	—	694	694	1181
	碱液中的溶解物	277	694	971	20	6	—	26	945
无机物		556	—	556	—	6	—	6	550
总计		9027	694	9721	189	75	694	958	8763
其中，总Na_2O		415	—	415	—	4	—	4	411

（三）保　　温

保温期内，木材进一步溶解，直到得率为50%，见图4-13-1。

1. **本期内，木材物质溶出的数量为：**

$$1875\times(0.63-0.5)=244\text{kg}$$

2. **保温期末，锅内存留的物料量为：**

水	6087kg
浆	1181－244＝937kg
黑液中的有机物	945－244＝1189kg
无机物	550kg
总计	8763kg
其中：总Na_2O	411kg

（四）大　放　汽

1. **大放汽放出的蒸汽量**

大放汽锅内压力（温度）由735kPa(7.5kg/cm²)（172℃)降到490kPa(5.0kg/cm²)(158℃)。按饱和蒸汽性质，液体热量从174.0kcal/kg降至159.4kcal/kg。

由锅内液体温度下降放出的热量等于：

$$6087\times(174-159.4)=88870\text{kcal}$$

由浆料及溶解的有机物和无机物（比热都取0.32），从172℃降到158℃时放出的热量为：

$$(937+1189+550)\times0.32\times(172-158)=11988\text{kcal}$$

降压期，总计放出热量为：

$$88870+11988=100858\text{kcal}$$

大放汽期间平均压力为：

$$\frac{7.5+5.0}{2}=6.25(\text{kg/cm}^2)$$

查饱和蒸汽表得此压力的汽化潜热为491.1kcal/kg

因此产生的蒸汽量为：

$$\frac{100858}{491.1} = 205\text{kg}$$

2. 降压期木材溶解的数量

根据图4-13-1，本期内得率由50%降至48%

木材溶解的数量为：

$$1875 \times (0.5 - 0.48) = 37.5\text{kg}$$

3. 大放汽排出的液量

大放汽时，随蒸汽排出的黑液约为锅内总液量的2%，即：

$$6087 \times 0.02 = 122\text{l}$$

4. 大放汽排出的黑液中有机物的含量

降压终止时锅内的液量为

$$6087 - (205 + 122) = 5760\text{l}$$

本期内锅内液体平均数量等于：

$$\frac{6087 + 5760}{2} = 5924\text{l}$$

放汽终止时，锅内黑液中的有机物含量为：

$$1189 + 37 = 1226\text{kg}$$

溶解的有机物平均数量等于：

$$\frac{1189 + 1226}{2} = 1208\text{kg}$$

黑液中有机物的平均浓度为：

$$\frac{1208}{5924} = 0.204\text{kg/l}$$

排出的黑液中，有机物含量为：

$$0.204 \times 122 = 25\text{kg}$$

5. 大放汽排出的黑液中无机物的含量

大放汽期间，黑液中无机物的平均浓度为：

查饱和蒸汽表得此压力的汽化潜热为491.1kcal/kg

因此产生的蒸汽量为：

$$\frac{100858}{491.1}=205\text{kg}$$

2. 降压期木材溶解的数量

根据图4-13-1，本期内得率由50%降至48%

木材溶解的数量为：

$$1875\times(0.5-0.48)=37.5\text{kg}$$

3. 大放汽排出的液量

大放汽时，随蒸汽排出的黑液约为锅内总液量的2%，即：

$$6087\times0.02=122\text{l}$$

4. 大放汽排出的黑液中有机物的含量

降压终止时锅内的液量为

$$6087-(205+122)=5760\text{l}$$

本期内锅内液体平均数量等于：

$$\frac{6087+5760}{2}=5924\text{l}$$

放汽终止时，锅内黑液中的有机物含量为：

$$1189+37=1226\text{kg}$$

溶解的有机物平均数量等于：

$$\frac{1189+1226}{2}=1208\text{kg}$$

黑液中有机物的平均浓度为：

$$\frac{1208}{5924}=0.204\text{kg/l}$$

排出的黑液中，有机物含量为：

$$0.204\times122=25\text{kg}$$

5. 大放汽排出的黑液中无机物的含量

大放汽期间，黑液中无机物的平均浓度为：

$$\frac{550}{5924}=0.093\text{kg/l}$$

排出的黑液中含无机物量为：

$$0.093\times122=11.3\text{kg}$$

其中：总Na_2O为：

$$\frac{11.3}{1.34}=8.5\text{kg}$$

6. 大放汽的物料平衡列于(表4-13-4)

表4-13-4　大放汽物料平衡表　（单位：kg/t风干浆）

		进			出				放汽后锅内存留量
		蒸煮终止时锅内存留量	化学反应所得	总计	大放汽排出		化学反应消耗	总计	
					蒸汽	黑液			
水		6087	—	6087	205	122	—	327	5760
有机物	浆料	937	—	937	—		37	37	900
	黑液中的溶解物	1189	37	1226	—	25	—	25	1201
无机物		550	—	550	—	11	—	11	539
总计		8763	37	8800	205	158	37	400	8400
其中：总Na_2O		411	—	411	—	9	—	9	402

（五）放　锅

1. 放锅产生的蒸汽量

放锅时，锅内压力（温度）由490kPa(5kg/cm²)(158℃)降至常压(100℃)，液体的热焓从159.4kcal/kg降至99.1kcal/kg。

由液体放出的热量为：

$$5760\times(159.4-99.1)=347,328\text{kcal}$$

由浆料及黑液中的固形物放出的热量为：

$$(900+1201+539)\times 0.32\times(158-100)$$

$$=49000\text{kcal}$$

总计放出热量为：

$$347328+49000=396328\text{kcal}$$

放锅期间平均压力等于：

$$\frac{5.0+0}{2}=2.5(\text{kg/cm}^2)$$

此压力的汽化潜热为514.5kcal/kg

可产生蒸汽：

$$\frac{396328}{514.5}\approx 770\text{kg}$$

2. 放锅时，由锅内放出的物料量（按1t风干浆）为：

水	5760－770≈4990kg
蒸汽	770kg
浆料	900kg
黑液中的有机物	1201kg
无机物	539kg
总计	8400kg
其中总Na_2O	402kg

（六）黑液与浆料

1. 黑液的固形物含量及其组成

黑液的固形物含量为：

$$\frac{1201+539}{4990}\times 1000=349\text{g/l}$$

从表查出与此相应的浓度为20.2°B_e'(15℃)

黑液中固形物的组成：

有机物：$\frac{1201}{1201+539}\times 100\%=69\%$

无机物：$\frac{539}{1201+539}\times 100\%=31\%$

2. 送洗涤工段的浆料中含有的物质（以每吨风干浆计算）

取放锅时跑往冷凝器的黑液损失率为1.5%，即损失量为：

$$4990\times 0.015=75^{l}$$

固形物损失为：

$$75\times 0.349=26\text{kg}$$

其中：

有机物　$26\times 0.69=18\text{kg}$

无机物　$26\times 0.31=8\ \text{kg}$

$$\text{中}Na_2O:\ \frac{8}{1.34}=6\text{kg}$$

送往洗涤的浆料中含有下列物质：

水（黑液中的）	4990－75＝4915kg
绝干浆	900kg
黑液中的有机物	1201－18＝1183kg
黑液中的无机物	539－8＝531kg
总计	7529kg
其中Na_2O	402－6＝396kg

黑液的固形物中Na_2O含量为：

$$\frac{396}{1183+531}\times 100=23\%$$

（七）蒸煮过程总物料平衡

见表4-13-5

表4-13-5　　总物料平衡表　　（单位：kg/t风干浆）

		进					出						
		木片	白液	黑液	化学反应	总计	放汽 蒸汽	放汽 液体	化学反应消耗	放锅 蒸汽	放锅 液体	在喷放锅内存留	总计
水或蒸汽		1250	2910	2159	—	6319	374	185	—	770	75	4915	6319
木材或浆料		1875	-	—	—	1875	—	—	975	—	—	900	1875
有机物	气体及挥发物	—	—	—	20	20	20	—	—	—	—	—	20
	溶解物	—	—	277	955	1232	—	31	—	—	18	1183	1232
无机物		—	438	118	—	556	—	17	—	—	8	531	556
总计		3125	3348	2554	975	10002	394	233	975	770	101	7529	10002
其中Na_2O		—	327	84	—	415	—	13	—	—	8	396	415

三、蒸汽装锅器用汽量的计算

已知条件

木材相对密度	0.43
木片水分	40%
木片初温	10℃
木材比热	0.32
装锅蒸汽压力	294kPa(3.0kg/cm²)
装锅后木片温度	90℃

1. 每米³实积木片的绝干重量

当木片水分超过30%时，木材体积为绝干时体积的110.5%，故1m³实积木片的绝干重量为：

$$\frac{430}{1.105}=389\text{kg}$$

2. 加热每米³实积木片所需热量

	重量(kg/m³)	热当量	温度差(℃)	热用(kcal)
绝干木片	389	389×0.32=124.48	90−10=80	9958
木片中的水分	$389\times\frac{0.4}{0.6}=259.3$	259.3×1=259.3	90−10=80	20746
总计				30704

3. 蒸汽耗用量

取装锅速度为2m³实积木片/min

设蒸汽热效率为70%

压力为294kPa(3kg/cm²)的蒸汽，绝热膨胀后的焓为600 kcal/kg。

每分钟蒸汽消耗量为：

$$\frac{2\times 30704}{600\times 0.7}=146.2\text{kg/min}$$

四、热 回 收

（一）放锅热回收

已知条件（按蒸煮物料衡算的条件）：

每锅风干浆产量	10.88t
放锅时放出的蒸汽量	770kg/t风干浆
放锅时间	20min
蒸煮周期	5h

另设：

蒸煮锅台数	4台
热冷凝液温度	90℃
循环冷却水温度	40℃
冷凝器内蒸汽压力	19.6kPa(0.2kg/cm²)
污热水换热器的清水温度	入口10℃
	出口70℃

求：

1. 喷射冷凝器需要的冷却水量
2. 污热水槽的容积
3. 污热水换热器所需的面积
4. 放锅热回收可得到的清洁热水量

计算：

1. 喷射冷凝器需要的冷却水量

单位时间内应被冷凝的蒸汽量为放锅时放出的蒸汽量加上吹放锅管路所用的蒸汽量，取其值为放锅蒸汽量的10%，则应冷凝的平均蒸汽量为：

$$\frac{770\times10.88}{20}\times1.1=460\text{kg/min}$$

取最大蒸汽量为平均量的1.4倍*，即：

$$460\times1.4=650\text{kg/min}$$

查饱和蒸汽表得：压力为19.6kPa(0.2kg/cm^2)的蒸汽温度为104.2℃，热焓为641.1kcal/kg，则冷却水需要量为：

$$\frac{650\times(641.1-90)}{90-40}=7200\text{kg/min}$$

2. 污热水槽的容积

四个锅平均每小时的放锅蒸汽量为：

$$\frac{770\times10.88\times4}{5}=7370\text{kg/h}$$

冷却水的需要量等于：

$$7370\times\frac{641.1-90}{90-40}=81230\text{kg/h}$$

污热水量为：

$$7370+81230=88600\text{kg/h}$$

取污热水槽的容量为2m^3/m^3锅容，污热水槽的有效容积为：

$$2\times125=250\text{m}^3$$

约相当于3h的污热水储备量。

3. 污热水换热器所需面积

在换热器内，污热水传给清水的热量等于：

* 国外也有取1.8倍。见R.G.Mac Donald,J.N.Franklin, Pulp and Paper Manufacture 2nded.,Vol.I, P.466

$$81230(90-40)=4062000\text{kcal/h}$$

当换热器为逆流时，温度平均差为：

$$\frac{(90-70)+(40-10)}{2}=25℃$$

取传热系数*为1500kcal/(m²·h·℃)，换热器所需的面积等于：

$$\frac{4062000}{1500\times25}\approx108\text{m}^2$$

换热器的单位传热面积计算，见表4-13-6。

表4-13-6　　单位传热面积计算值与实际数字比较

	单位传热面积 (m²)	
	计　算　值	工厂实际数字
每日每吨风干浆①	108/209=0.52	0.3～1.0
每米³ 锅容②	108/500=0.22	0.15～0.5

①每日产浆能力为：$\frac{24}{6}\times4\times10.88=209$t

②4台蒸煮锅的总容积为：$4\times125=500\text{m}^3$

4. 放锅热回收可得到的清洁热水量

每小时为：$\frac{4062000}{70-10}=67700$l

每吨浆为：$\frac{67700}{209}\times24=7770$l

* 换热器的传热系数 kcal/(m²·h·℃)，板式可取2000，螺旋式1500～1950，管式1000～1350。

（二）大、小放汽热回收

已知条件(按蒸煮物料衡算的条件，有关数据摘列如下表)：

	起止温度 (℃)	延续时间 (h)	放出的蒸汽量 (kg/t风干浆)
小放汽	120～172	1.0	169
大放汽	172～158	0.5	205

另设：

冷凝液在冷凝器内冷却到60℃

冷却水温度由10℃加热到70℃

求：

冷凝器所需的传热面积（按两个锅同时进行小放汽和大放汽来计算）。

计算：

1. 大、小放汽在冷凝时的总放热量

大、小放汽每小时放出的蒸汽量及平均温度列如下表：

	放出蒸汽量(kg/h)	平均温度 (℃)
小放汽	$169\times10.88=1838$	$\frac{120+172}{2}=146$
大放汽	$\frac{205\times10.88}{0.5}=4460$	$\frac{172+158}{2}=165$

进入冷凝器的最大蒸汽量为：

$$2\times(1838+4460)=12600\text{kg}$$

按量均规律计算出蒸汽的平均温度等于：

$$\frac{(146\times1838)+(165\times4460)}{1838+4460}=159℃$$

查饱和蒸汽表得：温度为159℃的饱和蒸汽的热焓为659.6 kcal/kg，液体热量为160.5kcal/kg。

蒸汽冷凝时放出的热量为：

$$12600\times(659.6-160.5)=6288000\text{kcal/kg}$$

冷凝液冷却时放出的热量为：

$$12600\times(160.5-60)=1266000\text{kcal/kg}$$

总放热量为：

$$6288000+1266000=7554000\text{kcal/h}$$

2. 冷却水耗用量

每小时最大用水量为：

$$\frac{7554000}{70-10}=125,900\text{kg/h}$$

每吨浆冷却水的平均用量等于：

$$\frac{(169+205)\times(659.6-60)}{70-10}=3738\text{kg}$$

3. 冷凝器所需的传热面积

当蒸汽全部冷却为冷凝液时，冷却水的温度为：

$$10+\frac{1266000}{125900\times 1}=20.1℃$$

冷却冷凝液期间的温度对数平均值为：

$$\frac{(159-20.1)-(60-10)}{2.3\log\frac{159-20.1}{60-10}}=87℃$$

冷凝期间的温度平均差为：

$$\frac{(159-70)+(159-20.1)}{2}=114℃$$

所需传热面积为：

① 冷凝蒸汽时(传热系数取1500kcal/(m²·h·℃)：

$$\frac{6288000}{1500\times 114}=36.8\text{m}^2$$

② 冷却冷凝液时(传热系数取1000kcal/m²·h·℃)：

$$\frac{1266000}{1000\times 87}=14.5\text{m}^2$$

③ 总传热面积为：

$$36.8+14.5=51.3\text{m}^2$$

4. 冷凝器的单位传热面积

表4-13-7 单位传热面积计算值与实际数字比较

	单位传热面积(m²)	
	计算值	工厂实际数据
每日每吨风干浆	$\frac{51.3}{209}=0.245$	0.2～0.5
每米³锅容	$\frac{51.3}{500}=0.102$	0.08～0.2

五、技术经济指标的计算

1. 蒸煮器每米³装原料量（即装锅量）

$$\text{装锅量(kg/m}^3)=\frac{\text{蒸煮净料量(kg)}}{\text{蒸煮器容积(m}^3)\times\text{生产锅次}}$$

式中：蒸煮净料量是指蒸煮使用的经过备料加工的净料量。

蒸煮器容积是指蒸煮器的最大有效容积。

每台蒸煮器放锅一次为一个生产锅次。

2. 平均每锅蒸煮时间

是指每（平均）蒸煮一锅浆所需要的时间。按不同的纸浆品种和蒸煮器型式分别核算。

$$\text{平均每锅蒸煮时间(时：分)} = \frac{\text{本期蒸煮时间（时:分）}}{\text{本期生产锅次}}$$

式中：蒸煮时间包括装料、送液、通汽、保温、放汽、放锅等全部时间。在放锅前取样化验和球内洗涤的时间也应包括在蒸煮时间内。

本期蒸煮时间为本期生产的粗浆产量所消耗的时间，包括上期装锅而在本期放锅的蒸煮时间。但不包括本期装锅而在下期放锅的蒸煮时间。

3. **平均每锅粗浆产量**

应按每个蒸煮器和不同的纸浆品种分别核算。

$$\text{平均每锅粗浆产量} = \frac{\text{本期粗浆产量}}{\text{本期生产锅次}}$$

4. **粗浆得率**

$$\text{粗浆得率(\%)} = \frac{\text{本期粗浆产量}}{\text{本期装锅原料量}} \times 100\%$$

式中：子项的量与母项的量必须是同一计算基础。

粗浆产量是指蒸煮后的放锅量，可以采用经常测定的方法取得。每当改变原料配比、组成或蒸煮工艺条件时，即要及时进行标定或测定。同时，要经常利用各种技术条件，对粗浆得率进行校验。

装锅原料量是指经过备料加工的净料量，包括上期装锅在本期放出的粗浆量所使用的净料量。但不包括本期已装锅在本期内未放出的粗浆量所使用的净料量。

5. **细浆得率**

$$\text{细浆得率(\%)} = \frac{\text{本期细浆产量}}{\text{本期使用的粗浆量}} \times 100\%$$

或：细浆得率(%)=(1-洗浆流失率)(1-粗渣率)
×(1-粗选流失率)(1-精选流失率)

式中：细浆产量是指蒸煮后的粗浆，经洗涤、除渣、精选后所获得的细浆量。

6． 漂白损失率

漂白损失率(%)=

$$\frac{\text{漂白工段各部洗涤浓缩流失量}+\text{氯化、氧化损失量}}{\text{使用未漂细浆量}}\times 100\%$$

或：漂白损失率(%)=1-(1-测定漂白工段各部洗涤浓缩流失率%)×(1-测定氯化、氧化损失率%)

7． 漂白得率

漂白得率(%)=1-漂白损失率(%)

8． 成浆率

$$\text{成浆率}(\%)=\frac{\text{本期纸浆产量}}{\text{本期使用净料量}}\times 100\%$$

或：成浆率(%)=粗浆得率(%)×细浆得率(%)×漂白得率(%)×第二精选得率(%)

9． 蒸煮器利用系数

即蒸煮器每米^3每小时产浆量(kg/(m^3·h))。是反映蒸煮器容积的利用程度、蒸煮时间长短、粗浆得率和细浆得率高低的综合技术经济效果的指标。按不同浆种分别核算。

蒸煮器利用系数（粗浆）=

$$\frac{\text{本期粗浆产量(kg)}}{\text{蒸煮器容积(m}^3\text{)}\times\text{本期蒸煮总时间(h)}}$$

蒸煮器利用系数（细浆）=

$$\frac{\text{本期细浆产量(kg)}}{\text{蒸煮器容积(m}^3\text{)}\times\text{本期蒸煮总时间(h)}}$$

10．每吨纸浆耗原料量

$$每吨纸浆耗原料量(kg)=\frac{本期耗用原料量(kg)}{本期纸浆(细浆)生产量(t)}$$

应按原料种类及纸浆品种分别计算。

11．每吨纸浆耗碱量

$$每吨纸浆耗碱量(kg)=\frac{本期蒸煮使用碱量(kg)}{本期纸浆产量(t)}$$

式中：使用碱量包括蒸煮使用的外购、回收、企业自产自用的烧碱、硫化碱和亚硫酸钠等。应折成100%NaOH（换算因数请参阅本章第二节碱法蒸煮液，见第17页）。

本期原材料消耗量＝本期生产投入量＋期初在制品消耗量
－期末在制品消耗量

12．蒸煮设备利用率

$$蒸煮设备利用率(\%)=\frac{蒸煮作业总时数}{规定全年作业时数}\times 100\%$$

式中：蒸煮作业时数以各蒸煮器开始装料至放浆为止的时间的总和计算。

连续蒸煮从连续蒸煮器开动起到停机止，开动的净时间的总和为蒸煮作业总时间。

全年作业时数规定如下表：

	日历日数	法定假日	计划大修日数	计划中修日数	全年最大生产天数	平均日作业时间	规定全年作业时数
碱法蒸煮器	365	7	30	6	322	24:00	7728

附表　　在不同的绝干相对密度下，每米³实积木材内绝干木质含量表　　（单位：kg）

水分 %	绝干木材的相对密度										
	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36
0	460	450	440	430	420	410	400	390	380	370	360
5	446	437	427	418	408	399	389	380	371	361	351
10	435	426	417	407	398	389	380	370	362	352	343
15	427	418	410	401	391	388	373	365	356	347	337
20	421	412	403	394	386	379	369	360	351	343	334
25	418	409	400	391	383	374	366	357	348	340	331
30	416	407	398	389	381	372	364	355	346	338	329
35	416	407	398	389	381	372	364	355	346	338	329
40	416	407	398	389	381	372	364	355	346	338	329

虚线以下木材水分已达纤维的饱和点，体积不再膨胀